

# Der Einfluss von anthropometrischen Parametern und der Körperzusammensetzung auf den Knochenstatus älterer Menschen unter Berücksichtigung des Alters und von Lebensstilfaktoren

- Eine Untersuchung im Rahmen der  
Gießener Senioren Langzeitstudie -

---

**Christiane Brunner**



## INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. oec. troph.)  
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Gießen



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2012

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2012

© 2012 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

**[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)**



Institut für Ernährungswissenschaft  
Justus-Liebig-Universität Gießen

**Der Einfluss von anthropometrischen Parametern und der  
Körperzusammensetzung auf den Knochenstatus älterer  
Menschen unter Berücksichtigung des Alters und von  
Lebensstilfaktoren**

- Eine Untersuchung im Rahmen der Gießener Senioren Langzeitstudie -

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. oec. troph.)  
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Christiane Brunner

Gießen 2012

Dissertation im Fachbereich  
Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement  
Der Justus-Liebig-Universität Gießen

11. Dezember 2012

**Prüfungskommission**

Vorsitzende:	Prof. Dr. G. Morlock
1. Gutachterin:	Prof. Dr. M. Neuhäuser-Berthold
2. Gutachter:	Prof. Dr. H. Stracke
Prüfer:	Prof. Dr. U. Wenzel
Prüfer:	Prof. Dr. K. Eder

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>X</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung und Fragestellung</b>	<b>1</b>
<b>2 Literaturübersicht</b>	<b>4</b>
2.1 Osteodensitometrische Methoden	4
2.2 Zusammenhang zwischen dem Knochenstatus und ausgewählten Parametern	7
2.2.1 Alter	8
2.2.2 Anthropometrische Parameter	8
2.2.3 Körperzusammensetzung	14
2.2.4 Gynäkologische Parameter	17
2.2.5 Vitamin D-Zufuhr	20
2.2.6 Lebensstilfaktoren	22
<b>3 Methoden</b>	<b>29</b>
3.1 Gießener Senioren Langzeitstudie	29
3.2 Probanden	30
3.3 Calcanealer Knochenstatus mittels quantitativem Ultraschall	31
3.4 Anthropometrische Parameter	33
3.5 Körperzusammensetzung	33
3.6 Gynäkologische Parameter	34
3.7 Vitamin D- und Alkoholzufuhr	35
3.8 Rauchverhalten	35
3.9 Körperliche Aktivität	35
3.10 Statistische Kennzahlen und Testverfahren	36

<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>39</b>
4.1	Beschreibung der Probanden	39
4.1.1	Alter	39
4.1.2	Anthropometrische Parameter und Körperzusammensetzung	40
4.1.3	Gynäkologische Parameter	41
4.1.4	Vitamin D-Zufuhr	42
4.1.5	Alkoholzufuhr	42
4.1.6	Rauchverhalten	43
4.1.7	Körperlicher Aktivitätsindex	43
4.1.8	QUS-Parameter und Geschlecht	43
4.2	Zusammenhang und Einfluss der Untersuchungsparameter auf den Knochenstatus	44
4.2.1	QUS-Parameter und Alter	44
4.2.2	QUS-Parameter und anthropometrische Parameter	48
4.2.2.1	Körpergröße	48
4.2.2.2	Körpermasse	52
4.2.2.3	Body Mass Index	56
4.2.2.4	Waist-Hip-Ratio	60
4.2.3	QUS-Parameter und Körperzusammensetzung	60
4.2.3.1	Fettfreie Masse	60
4.2.3.2	Fettmasse	65
4.2.4	QUS-Parameter und gynäkologische Parameter	69
4.2.4.1	Menarchealter	69
4.2.4.2	Östrogenexpositionszeit	69
4.2.4.3	Postmenopausale Jahre	70
4.2.5	QUS-Parameter und Vitamin D-Zufuhr	73
4.2.6	QUS-Parameter und Lebensstilfaktoren	74
4.2.6.1	Alkoholzufuhr	74
4.2.6.2	Rauchverhalten	74
4.2.6.3	Körperliche Aktivität	75
4.3	Zusammenfassende Betrachtung	76

<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>83</b>
5.1	Probanden	83
5.2	Methodik	85
5.3	QUS-Parameter und Geschlecht	87
5.4	QUS-Parameter und Alter	89
5.5	QUS-Parameter und anthropometrische Parameter	97
5.6	QUS-Parameter und Körperzusammensetzung	105
5.7	QUS-Parameter und gynäkologische Parameter	110
5.8	QUS-Parameter und Vitamin D-Zufuhr	115
5.9	QUS-Parameter und Lebensstilfaktoren	116
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>122</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>126</b>
<b>8</b>	<b>Summary</b>	<b>127</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>128</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>151</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Vom GISELA-Gesamtkollektiv 2004 zum Untersuchungskollektiv _____	30
Tab. 4.1:	Alter der Probanden _____	39
Tab. 4.2:	Altersverteilung der Probanden _____	39
Tab. 4.3:	Anthropometrische Daten der Probanden _____	40
Tab. 4.4:	Einteilung der Probanden nach BMI _____	40
Tab. 4.5:	Körperzusammensetzung der Probanden _____	41
Tab. 4.6:	Prozentualer Anteil der fettfreien Masse, und der Fettmasse an der Körpermasse _____	41
Tab. 4.7:	Gynäkologische Parameter des Frauenkollektivs _____	42
Tab. 4.8:	Tägliche Vitamin D-Zufuhr der Probanden _____	42
Tab. 4.9:	Tägliche Alkoholzufuhr der Probanden _____	42
Tab. 4.10:	Rauchverhalten der Probanden _____	43
Tab. 4.11:	Körperlicher Aktivitätsindex der Probanden _____	43
Tab. 4.12:	QUS-Parameter der Probanden _____	44
Tab. 4.13:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem Alter und den QUS-Parametern _____	44
Tab. 4.14:	QUS-Parameter nach Alter _____	45
Tab. 4.15:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Alter _____	46
Tab. 4.16:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des Alters auf die QUS- Parameter _____	46
Tab. 4.17:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern _____	48
Tab. 4.18:	QUS-Parameter nach Körpergröße _____	49
Tab. 4.19:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Körpergröße _____	50
Tab. 4.20:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der Körpergröße auf die QUS-Parameter _____	50
Tab. 4.21:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Körpermasse und den QUS-Parametern _____	52
Tab. 4.22:	QUS-Parameter nach Körpermasse _____	52
Tab. 4.23:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Körpermasse _____	53



Tab. 4.24:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der Körpermasse auf die QUS-Parameter _____	54
Tab. 4.25:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem BMI und den QUS-Parametern _____	56
Tab. 4.26:	QUS-Parameter nach BMI _____	56
Tab. 4.27:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach BMI _____	57
Tab. 4.28:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des BMI auf die QUS-Parameter _____	58
Tab. 4.29:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der WHR und den QUS-Parametern _____	60
Tab. 4.30:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der fettfreien Masse und den QUS-Parametern _____	60
Tab. 4.31:	QUS-Parameter nach fettfreier Masse _____	61
Tab. 4.32:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach fettfreier Masse _____	62
Tab. 4.33:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der fettfreien Masse auf die QUS-Parameter _____	63
Tab. 4.34:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Fettmasse und den QUS-Parametern _____	65
Tab. 4.35:	QUS-Parameter nach Fettmasse _____	65
Tab. 4.36:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Fettmasse _____	66
Tab. 4.37:	Lineare Regression zur Erklärung der Fettmasse auf die QUS-Parameter ____	67
Tab. 4.38:	QUS-Parameter nach Menarchealter _____	69
Tab. 4.39:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Östrogenexpositionszeit und den QUS-Parametern _____	69
Tab. 4.40:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen den postmenopausalen Jahren und den QUS-Parametern _____	70
Tab. 4.41:	QUS-Parameter nach postmenopausalen Jahren _____	70
Tab. 4.42:	Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach postmenopausalen Jahren ____	71
Tab. 4.43:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der postmenopausalen Jahre auf die QUS-Parameter _____	71
Tab. 4.44:	Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Vitamin D-Zufuhr und den QUS-Parametern _____	73
Tab. 4.45:	Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Alkoholzufuhr und den QUS-Parametern _____	74

Tab. 4.46:	QUS-Parameter nach Rauchverhalten _____	74
Tab. 4.47:	Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter _____	75
Tab. 4.48:	Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem körperlichen Aktivitätsindex und den QUS-Parametern _____	75
Tab. 4.49:	Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses des Alters, des BMI, der Körpergröße, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter im Frauenkollektiv _____	78
Tab. 4.50:	Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses der postmenopausalen Jahre, des BMI, der Körpergröße, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter _____	80
Tab. 4.51:	Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses des BMI, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter im Männerkollektiv _____	82
Tab. 5.1:	QUS-Messergebnisse verschiedener Studien getrennt nach Geschlecht und Gerätetyp _____	87
Tab. 5.2:	QUS-Messwerte von Seniorinnen verschiedener Studien im Überblick _____	90
Tab. 5.3:	QUS-Messwerte von Senioren verschiedener Studien im Überblick _____	92
Tab. 10.1:	Beschreibung der Kollektive der QUS-Vergleichsstudien _____	151
Tab. 10.2:	Beschreibung der Kollektive der DXA-Vergleichsstudien _____	153
Tab. 10.3:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem Alter bei Frauen verschiedener Studien _____	155
Tab. 10.4:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem Alter bei Männern verschiedener Studien _____	156
Tab. 10.5:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße bei Frauen verschiedener Studien _____	156
Tab. 10.6:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße bei Männern verschiedener Studien _____	157
Tab. 10.7:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpermasse bei Frauen verschiedener Studien _____	157

Tab. 10.8:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpermasse bei Männern verschiedener Studien _____	158
Tab. 10.9:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem BMI bei Frauen verschiedener Studien _____	158
Tab. 10.10:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem BMI bei Männern verschiedener Studien _____	159
Tab. 10.11:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körperzusammensetzung bei Frauen verschiedener Studien _____	159
Tab. 10.12:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körperzusammensetzung bei schwedischen Männern _____	160
Tab. 10.13:	Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und den postmenopausalen Jahren verschiedener Studien _____	160

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1:	Seitenansicht und Ansicht von oben des Achilles+ Solo _____	31
Abb. 4.1:	Zusammenhang zwischen SOS und Alter im Frauenkollektiv _____	47
Abb. 4.2:	Zusammenhang zwischen BUA und Alter im Frauenkollektiv _____	47
Abb. 4.3:	Zusammenhang zwischen SI und Alter im Frauenkollektiv _____	48
Abb. 4.4:	Zusammenhang zwischen BUA und Körpergröße im Frauenkollektiv _____	51
Abb. 4.5:	Zusammenhang zwischen Körpergröße und SI im Frauenkollektiv _____	51
Abb. 4.6:	Zusammenhang zwischen SOS und Körpermasse im Frauenkollektiv _____	54
Abb. 4.7:	Zusammenhang zwischen BUA und Körpermasse im Frauen- und Männerkollektiv _____	55
Abb. 4.8:	Zusammenhang zwischen SI und Körpermasse im Frauen- und Männerkollektiv _____	55
Abb. 4.9:	Zusammenhang zwischen SOS und BMI im Frauenkollektiv _____	58
Abb. 4.10:	Zusammenhang zwischen BUA und BMI im Frauen- und Männerkollektiv _____	59
Abb. 4.11:	Zusammenhang zwischen SI und BMI im Frauen- und Männerkollektiv _____	59
Abb. 4.12:	Zusammenhang zwischen SOS und fettfreier Masse im Frauenkollektiv _____	63
Abb. 4.13:	Zusammenhang zwischen BUA und fettfreier Masse im Frauen- und Männerkollektiv _____	64
Abb. 4.14:	Zusammenhang zwischen SI und fettfreier Masse im Frauen- und Männerkollektiv _____	64
Abb. 4.15:	Zusammenhang zwischen SOS und Fettmasse im Frauenkollektiv _____	67
Abb. 4.16:	Zusammenhang zwischen BUA und Fettmasse im Frauen- und Männerkollektiv _____	68
Abb. 4.17:	Zusammenhang zwischen SI und Fettmasse im Frauenkollektiv _____	68
Abb. 4.18:	Zusammenhang zwischen SOS und postmenopausale Jahre _____	72
Abb. 4.19:	Zusammenhang zwischen BUA und postmenopausale Jahre _____	72
Abb. 4.20:	Zusammenhang zwischen SI und postmenopausale Jahre _____	73
Abb. 4.21:	Modellaufbau der multiplen linearen Regressionsanalyse _____	76

## Abkürzungsverzeichnis

abs.	absolut
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMD	Bone Mineral Density
BMI	Body Mass Index
BUA	Broadband Ultrasound Attenuation
CT	Computertomographie
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DVO	Dachverband Osteologie
DXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
F	Frauen
GISELA-Studie	Gießener Senioren Langzeitstudie
IL-6	Interleukin-6
J	Jahr(e)
k. A.	keine Angabe
L1-4 bzw. L2-4	Lendenwirbel 1-4 bzw. Lendenwirbel 2-4
LWS	Lendenwirbelsäule
M	Männer
MRI	Max Rubner-Institut
MW	Mittelwert
n. s.	nicht signifikant
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
OR	Ods Ratio
p	Signifikantsniveau
PASE	Physical Activity Scale for the Elderly
PBM	Peak Bone Mass
PTH	Parathormon
QCT	quantitative Computertomographie
QUI	quantitativer Ultraschallindex
QUS	quantitativer Ultraschall
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
R	Korrelationskoeffizient nach Spearman

RANK	receptor activator of nuclear factor- $\kappa$ B
RR	relatives Risiko
SD	Standardabweichung
SI	Steifigkeitsindex
SOS	Speed of Sound
t	Prüfgröße t
TNF- $\alpha$	Tumor-Nekrose-Faktor- $\alpha$
WHO	World Health Organisation
WHR	Waist-Hip-Ratio
25 (OH)D	25 Hydroxyvitamin D

## **1 Einleitung und Fragestellung**

Osteoporose stellt gegenwärtig ein bedeutendes sowohl gesellschaftliches als auch ökonomisches Gesundheitsproblem dar. Die direkten Krankheitskosten der Osteoporose in Deutschland betrugen im Jahr 2008 bei den Frauen insgesamt 1,631 Milliarden Euro, davon entfielen allein 1,005 Milliarden Euro auf die Altersgruppe der 65- bis 84-Jährigen. Bei den Männern lag der Gesamtbetrag mit 230 Millionen Euro deutlich unter den Kosten der Frauen, wovon 133 Millionen Euro für die Altersgruppe der 65- bis 84-Jährigen ausgegeben wurden (Statistisches Bundesamt 2011).

Osteoporose, eine systemische Skeletterkrankung, die mit einer Verminderung der Knochenmasse und einem Verlust der Mikroarchitektur des Knochengewebes einhergeht, verläuft oft unerkannt bis sie durch osteoporotische Frakturen klinisch diagnostiziert wird. Diese Frakturen stehen oft mit Folgeerkrankungen in Verbindung, die zu einer eingeschränkten Mobilität und Lebensqualität führen sowie mit einer erhöhten Mortalitätsrate einhergehen. Neben dem Alter zählen eine geringe Körpermasse und ein Body Mass Index (BMI)  $< 19 \text{ kg/m}^2$  zu den wichtigsten Risikofaktoren für eine Osteoporose (World Health Organisation, WHO 2003). Auf der anderen Seite ist schon seit Jahren bekannt, dass eine höhere Körpermasse aufgrund mechanischer Kräfte auf den Knochen sich positiv auf den Knochenstatus im Allgemeinen auswirkt (Edelstein und Barret-Connor 1993, Felson et al. 1993). Mit zunehmendem Alter kommt es sowohl zu Veränderungen bei der Körpermasse als auch bei der Körperzusammensetzung. Während mit zunehmendem Alter Körpermasse und Fettmasse ansteigen, nimmt die fettfreie Masse dagegen ab (Baumgartner 2005). Es wurde vorgeschlagen, dass im fortgeschrittenen Alter ein höherer BMI protektiv gegen Osteoporose wirksam ist (Barrera et al. 2004). Obwohl sich die positive Beziehung zwischen dem BMI und Morbidität und Mortalität bei älteren Menschen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen deutlich geringer darstellt, ist jedoch zu beachten, dass ein hoher BMI für gewöhnlich einen hohen Fettanteil an der Körpermasse widerspiegelt, welches mit nachteiligen Effekten verbunden ist, wie z. B. Diabetes mellitus, Dyslipidämien oder Hochdruckkrankheiten. Sowohl die Körpermasse als auch ihre beiden Komponenten, fettfreie Masse und Fettmasse, beeinflussen den Knochenstatus. Gegenwärtig zeigt sich eine kontroverse Studienlage hinsichtlich der Frage, welcher der drei Parameter den größten Einfluss auf den Knochenstatus hat: die Körpermasse selbst, die fettfreie Masse als ein Index der Muskelmasse (Bakker et al. 2003) oder die Fettmasse als ein endokrines Organ (Ahima 2006, Assantachai

et al. 2006, Kroke et al. 2000, Landin-Wilhelmsen et al. 2000, Saadi et al. 2003). Untersuchungen an premenopausalen Frauen weisen darauf hin, dass die fettfreie Masse den größten Einfluss auf die Knochendichte (bone mineral density, BMD) ausübt (Cui et al. 2007, Janicka et al. 2007, Lu et al. 2007) und neuere Studien berichten von nachteiligen Effekten des viszeralen Fettgewebes bei jungen Frauen (Gilsanz et al. 2009) und adipösen adoleszenten Mädchen (Russel et al. 2010). Es gibt nur wenige Studien, die den Einfluss der Körperzusammensetzung auf den Knochenstatus älterer Menschen untersucht haben. Die Ergebnisse dieser Studien hinsichtlich des Einflusses fettfreier Masse und Fettmasse auf die Knocheneigenschaften sind uneinheitlich (Assantachai et al. 2006, Cui et al. 2007, Douchi et al. 1997, Saarelainen et al. 2007, Schöffl et al. 2008). Wie in einer neueren Übersichtsarbeit ausgeführt, können methodologische Aspekte, wie die Auswahl und Einbeziehung geeigneter Variablen und Analyseverfahren teilweise die unterschiedlichen Ergebnisse erklären (Reid 2010). So wurde in den bisherigen Studien zur Beziehung zwischen dem Knochenstatus und anthropometrischen Charakteristika der Einfluss des Alters und besonders der Fettverteilung nicht ausreichend berücksichtigt. Dies gilt ebenso für andere Faktoren wie das Rauchverhalten und die körperliche Aktivität, welche in einer neueren systematischen Übersichtsarbeit uneinheitliche Effekte auf den Knochenstatus von Frauen im mittleren Erwachsenenalter zeigten (Waugh et al. 2009).

In letzter Zeit hat die Erfassung des Knochenstatus mittels quantitativem Ultraschall (QUS) zunehmend Anwendung in verschiedenen physiologischen und pathophysiologischen Zuständen gefunden. Vor dem Hintergrund der inkonsistenten Ergebnisse bisheriger Studien, die zumeist an prämenopausalen Frauen durchgeführt wurden, und davon ausgehend, dass die QUS-Messung am Calcaneus den Knochenstatus reflektiert, ist es das Ziel dieser Arbeit im Rahmen der Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA), den Einfluss anthropometrischer Variablen sowie der Körperzusammensetzung auf den Knochenstatus älterer, mobiler und selbstständig lebender Frauen und Männer zu analysieren. Dabei sollen das Alter sowie weitere mögliche Einfluss nehmende Faktoren wie das Rauchen, körperliche Aktivität, die Vitamin D-Zufuhr, sowie bei den Frauen das Menarchealter und die Östrogenexpositionszeit, und die postmenopausalen Jahre berücksichtigt werden.

Die konkreten Fragestellungen dieser Arbeit lauten:

1. Welchen Einfluss haben die anthropometrischen Parameter Körpergröße, Körpermasse, BMI und Waist-Hip-Ratio auf den calcanealen Knochenstatus?



2. Welchen Einfluss haben die fettfreie Masse und Fettmasse auf den calcanealen Knochenstatus?

Bei der Erfassung des Knochenstatus sind Confounder zu berücksichtigen. In dieser Arbeit wird auf folgende mögliche Confounder eingegangen:

3. Welchen Einfluss haben das Alter und die gynäkologischen Parameter Menarchealter, Östrogenexpositionzeit und postmenopausale Jahre auf den calcanealen Knochenstatus? Welchen Einfluss haben die Vitamin D-Zufuhr und die Lebensstilfaktoren Alkoholzufuhr, Rauchverhalten und körperliche Aktivität auf den Knochenstatus?

Die Abschlussfrage und somit Hauptfrage dieser Untersuchung lautet:

4. Welchen Einfluss haben die anthropometrischen Parameter und die Körperzusammensetzung auf den Knochenstatus älterer Menschen unter Berücksichtigung des Alters und von Lebensstilfaktoren in einer zusammenfassenden Betrachtung?

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Osteodensitometrische Methoden

Für die Bestimmung des Knochenstatus stehen derzeit verschiedene osteodensitometrische Methoden zur Verfügung. Im Folgenden werden die Prinzipien der drei häufigsten angewendeten Methoden erläutert.

#### Dual Energy X-Ray Absorptiometry

Die *Dual Energy X-Ray Absorptiometry* (DXA) ist die verbreitetste osteodensitometrische Methode. Ihr Haupteinsatzgebiet ist die Diagnose und Verlaufskontrolle der Osteoporose sowie die Abschätzung des Frakturrisikos. Desweiteren kann sie genutzt werden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung (Damilakis et al. 2007, Prevrhal 2006).

Das Prinzip der DXA-Messung besteht darin, dass zwei Röntgenstrahlen, die den Körper durchdringen, durch Absorption und Streuung von den Geweben unterschiedlich stark abgeschwächt werden. Die Knochen und somit das Skelett schwächen die Strahlen stärker ab als das Weichgewebe, da sie hauptsächlich aus Atomen mit höheren Ordnungszahlen, z. B. Calcium oder Phosphor, bestehen. Das Weichgewebe besteht dagegen überwiegend aus Atomen mit niedrigen Ordnungszahlen, z. B. Wasserstoff oder Kohlenstoff, wodurch die Strahlen schwächer abgeschwächt werden. Über die Messung der Abschwächung mittels eines Röntgendetektors können Rückschlüsse auf die Knochendichte (bone mineral density, BMD) gezogen werden. Das Ergebnis ist jedoch kein Dichtewert im physikalischen Sinne, sondern eine Flächendichte ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) (Blake und Fogelman 1997, Njeh et al. 1999a, Pietrobelli et al. 1996, Prevrhal 2006).

Die Lendenwirbelsäule (LWS) ist der am häufigsten untersuchte Bereich. Gemessen werden im Normalfall die Lendenwirbelbereiche 1-4 oder 2-4 (L1-4; L2-4). Weitere Messorte sind die Hüfte mit den Bereichen Femur Neck, Trochanter, Ward'sches Dreieck oder die Gesamthüfte (Femur Neck, Trochanter, Intertrochanter) sowie der Unterarm (Radius + Ulna), der Calcaneus (Fersenbein) oder das Gesamtskelett (Blake und Fogelman 1997, Damilakis et al. 2007, Prevrhal 2006).

### Quantitative Computertomographie

Ein weiteres osteodensitometrisches Verfahren ist die quantitative Computertomographie (QCT) und stellt eine Alternative zur DXA dar. Die QCT selbst ist eine Spezialform der Computertomographie (CT), ein Schichtbild-Verfahren mit Röntgenstrahlen. Im Gegensatz zur DXA kann die QCT die BMD von trabekulärem (primäre Auswerteregion) und kortikalem Knochen separat ohne Überlagerungen des umliegenden Gewebes messen. Bei der QCT wird die BMD innerhalb einer definierten Auswerteregion bestimmt und sie stellt die einzige Methode dar, bei der die BMD als physikalische Dichte ( $\text{g/cm}^3$ ) angegeben wird (Damilakis et al. 2007, Engelke 2002, Njeh et al. 1999a).

Für die Bestimmung der BMD an der LWS, der Hauptmessort mit dem Ganzkörper-tomographen, wird von der zu untersuchenden Person zunächst eine laterale Übersichtsaufnahme angefertigt. Nach der genauen Einstellung der definierten Auswerteregion erfolgt die CT-Aufnahme und die Bildrekonstruktion. Im Anschluss daran werden die gemessenen CT-Werte mit Hilfe eines Kalibrierphantoms umgerechnet und die BMD bestimmt, indem der Mittelwert von zwei bis vier gemessenen Wirbeln innerhalb des Bereichs Brustwirbel 12 - LWS 4 gebildet wird.

Messungen an peripheren Messorten, wie am distalen Unterarm, werden mit kompakten Tischgeräten durchgeführt. Für die Bestimmung der BMD wird in diesem Fall der distale Radius ausgewertet (Engelke 2002, Guglielmi et al. 1997, Njeh et al. 1999a).

### Quantitativer Ultraschall

Das Verfahren des quantitativen Ultraschalls am Calcaneus ist eine nicht-bildgebende Untersuchungsmethode, d. h., dass das Messergebnis kein zu interpretierendes Bild ist, sondern quantitative Ergebnisse liefert, die wiederum Informationen über den calcanealen Knochenstatus liefern (Glüer et al. 1999).

Für die Ausbreitung benötigt der Ultraschall ein Medium, z. B. einen Knochen. In Abhängigkeit dieses Mediums werden beim Durchschallen sowohl die Geschwindigkeit der Welle als auch die Schallenergie, welche als Abschwächung der Ultraschallwelle gemessen wird, verändert. Darüberhinaus ist es möglich, Informationen über die Eigenschaften des Mediums zu erhalten. Bei der Erfassung des calcanealen Knochenstatus mittels quantitativem Ultraschalls wird die Schallabschwächung als „Breitband Ultraschall Abschwächung“ (Broadband Ultrasound Attenuation, BUA; Einheit:  $\text{dB/MHz}$ ) und die Ultraschall-

geschwindigkeit meist als „Speed of Sound“ (SOS; Einheit: m/s) bezeichnet (Kaufman und Einhorn 1993, Njeh et al. 1999b).

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Ultraschallwellen im Medium ausbreiten, ist zum einen abhängig vom Medium selbst und zum anderen von den Eigenschaften des durchschallten Mediums. Im Skelett ist die Ultraschallgeschwindigkeit abhängig vom Knochen bzw. der Knochenstruktur: So variieren die Geschwindigkeiten des Ultraschalls im Bereich der Spongiosa aufgrund ihrer Trabekelarchitektur von denen im Bereich der Compacta mit ihrer lamellenartigen Struktur (Barkmann und Glüer 2006, Kann 2001, Njeh et al. 1999b).

Die BUA wird, im Gegensatz zur SOS, gegenwärtig nur am Calcaneus bestimmt. Während der Durchschallung werden die Ultraschallwellen vom Calcaneus in Abhängigkeit ihrer Frequenz abgeschwächt. Dabei gilt: Ultraschallwellen mit höherer Frequenz werden stärker abgeschwächt als mit niedriger Frequenz. Diese Abschwächung ist in einem Bereich von 0,1 - 1 MHz eine annähernd lineare Funktion der Frequenz. Die Steigung dieser Geraden wird als BUA definiert (Kann 2001, Langton und Njeh 2008, Njeh et al. 1999b). Die Abschwächung der Ultraschallwellen im Medium erfolgt entweder über Streuung oder Absorption. Während im kortikalen Knochen die Absorption dominiert, erfolgt im Knochen mit überwiegender spongiöser Struktur, wie z. B. beim Calcaneus, die Abschwächung über Streuung (Gonelli und Cepallaro 2002, Njeh et al. 1999b).

Neben den beiden Grundparametern SOS und BUA wird noch ein zusätzlicher Parameter berechnet, der die SOS und die BUA in einer Größe miteinander kombiniert. Der Gerätehersteller Hologic (Waltham, MA) entwickelte den Kombinationsparameter „Quantitativer Ultraschallindex“ (QUI) und die Firma Lunar (Madison, WI) den „Steifigkeitsindex“ (SI). Dieser steht aber nicht in Verbindung mit der mechanischen Steifigkeit und darf deshalb nicht mit ihr verwechselt werden (Cheng et al. 1999b, Njeh und Blake 1999). Mikhail et al. (1999) und Hans et al. (2004) konnten belegen, dass der SI ein besserer Indikator darstellt bezüglich des Frakturvorhersagerisikos bei postmenopausalen Frauen. Hadji et al. (1999a) zeigte, dass anhand des SI gesunde postmenopausale Frauen gegenüber postmenopausalen Frauen mit osteoporotischen Frakturen besser unterschieden werden können als mit SOS und BUA allein. Nachteilig am QUI bzw. SI sind, dass beide Parameter anhand unterschiedlicher Formeln berechnet werden (Malavolta et al. 2004).

Aufgrund der Tatsache, dass ein Medium Ultraschallwellen verändert, lassen sich Rückschlüsse über die Struktur und das Material ziehen. Somit ist es möglich, über SOS und

BUA das Knochengewebe zu charakterisieren (Padilla et al. 2008). Die Theorie besagt, dass die SOS von der BMD und der Knochenelastizität und die BUA von der BMD und der Knochenmikroarchitektur abhängig ist (Gonelli und Cepollaro 2002).

Die Quertransmission im Bereich der Spongiosa ist gegenwärtig die am häufigsten eingesetzte Messmethode. Mit Hilfe von zwei Schallwandlern, einem sich gegenüberliegenden Sender und Empfänger, wird ein überwiegend spongiöser Knochen mit einer Frequenz von 0,5 - 1,0 MHz in eine Richtung durchschallt. Für die Schalleinkopplung wird je nach Gerätehersteller entweder ein Wasserbad oder ein Gel verwendet (Cheng et al. 1999b, Barkmann und Glüer 2006, Njeh und Blake 1999). Der bevorzugte Knochen für diese Messmethode ist der Calcaneus, da er neben seiner leichten Erreichbarkeit, dünnen Weichteilschicht und fast parallelen Seiten auch ein gewichtstragender Knochen ist. Aufgrund seines hohen Spongiosaanteils (90 %) und dem damit verbundenen großen Oberflächen-Volumen-Verhältnis weist er eine ungefähr acht Mal höhere Stoffwechselrate auf als ein überwiegend kortikaler Knochen. Veränderungen im Knochenstoffwechsel können somit in einem überwiegend spongiösen Knochen früher erkannt werden als in einem überwiegend kortikalen Knochen (Guglielmi et al. 2009, Heaney 2006, Njeh et al. 1997, Njeh und Blake 1999, Prins et al. 1998).

In dieser Untersuchung wurde für die Bestimmung des Knochenstatus die QUS-Methode angewendet. In Kap. 5.2 (S 85f) wird die Wahl dieser Methode begründet.

## **2.2 Zusammenhang zwischen dem Knochenstatus und ausgewählten Parametern**

Die Hauptfragestellung dieser Arbeit ist es, den Einfluss von anthropometrischen Parametern und der Körperzusammensetzung auf den calcanealen Knochenstatus zu untersuchen. Dabei gilt es, weitere Einflussfaktoren als mögliche Confounder zu berücksichtigen. In der folgenden Übersicht werden die bisher in Studien beobachteten Zusammenhänge zwischen dem Knochenstatus und verschiedenen Parameter dargestellt. Eine genaue Beschreibung der Kollektive der im Text herangezogenen Studien sowie die genauen Ergebnisse der Korrelationsanalysen befinden sich im Anhang in den Tab. 10.1 und Tab. 10.2 sowie Tab. 10.3 bis Tab. 10.13.

### **2.2.1 Alter**

Der Zusammenhang zwischen dem Alter und den QUS-Parametern wurde in den vergangenen Jahren von etlichen Arbeitsgruppen untersucht. Die Literatur zeigt zwischen dem Alter und den QUS-Parametern einen negativen Zusammenhang, unabhängig von der ethnischen Zugehörigkeit (s. Tab. 10.3, S 155). Bei der näheren Betrachtung der berechneten SI-Korrelationskoeffizienten ist jedoch eine gewisse Spannbreite zu erkennen. Während Krieg et al. (1996) nur eine schwache Korrelation ( $0,2 < r \leq 0,4$ ) nachweisen konnte, ermittelten Heldan de Moura Castro et al. (2000) eine mittlere Korrelation ( $0,4 < r \leq 0,6$ ).

Der von den QUS-Studien beobachtete negative Zusammenhang bei Frauen zeigt sich auch in DXA-Studien: Mit zunehmendem Alter sinkt die BMD unabhängig vom gewählten Messort (Ardawi et al. 2005, Douchi et al. 1997, Kirchengast et al. 2001, Lim et al. 2004).

Bei den Männern beobachteten Landin-Wilhelmsen et al. (2000) und Zhu et al. (2008) zwischen dem Alter und den QUS-Parametern übereinstimmend einen negativen Zusammenhang. Liu et al. (2006) ermittelten dagegen einen negativen Zusammenhang nur zwischen dem Alter und der SOS bzw. dem SI, nicht aber zwischen dem Alter und der BUA (s. Tab. 10.4, S 156).

Der ermittelte negative Zusammenhang zwischen dem calcanealen Knochenstatus und dem Alter zeigt sich auch unabhängig vom Messort zwischen der BMD und dem Alter (Ardawi et al. 2005, Atalar et al. 2009, El Maghraoui et al. 2010, Lim et al. 2004).

Der aktuelle Forschungsstand hinsichtlich calcanealem Knochenstatus bzw. BMD und Alter zeigt bei beiden Geschlechtern einheitlich einen negativen Zusammenhang.

### **2.2.2 Anthropometrische Parameter**

In diesem Kapitel werden Studienergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs der QUS-Parameter bzw. der BMD mit den anthropometrischen Parametern präsentiert. Zunächst wird auf die Körpergröße eingegangen, gefolgt von der Körpermasse, dem BMI und der WHR.

#### Körpergröße

Die Studienlage zeigt bei älteren Frauen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern ein nicht konformes Bild.

Kitagawa und Nakahara (2008) und Krieg et al. (1996) konnten keinen Zusammenhang zwischen SOS, BUA und SI und der Körpergröße erkennen, während Helder de Moura Castro et al. (2000) und Saarelainen et al. (2007) einen positiven Zusammenhang zwischen der BUA bzw. dem SI und der Körpergröße ermittelten. Eine positive Korrelation zwischen dem SI und der Körpergröße berechneten auch Trovas et al. (2009; s. Tab. 10.5, S 156).

Weitere Untersuchungen zeigen ebenfalls unterschiedliche Ergebnisse. Zu dem gleichen Untersuchungsergebnis wie Kitagawa und Nakahara (2008) und Krieg et al. (1996) kamen auch Saadi et al. (2003). In der Gruppe der postmenopausalen Frauen beobachtete die Arbeitsgruppe keinen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der SOS, der BUA und dem QUI. Schöfl et al. (2008) konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern SOS, BUA und QUI ermitteln. Babaroutsi et al. (2005b) stellten dagegen wiederum einen positiven Zusammenhang (nach Adjustierung um das Alter) zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern fest. Welch et al. (2004) wiesen im Frauenkollektiv ihrer Studie ebenfalls nach, dass mit zunehmender Körpergröße die BUA ansteigt. Sie berechneten eine Zunahme der BUA um 0,68 dB/MHz pro cm Körpergröße.

Lim et al. (2004), die mittels DXA die BMD des Calcaneus gemessen hatten, ermittelten wie einige QUS-Studien (z. B. Babaroutsi et al. (2005b), Trovas et al. (2009), Welch et al. (2004)), dass sich eine größere Körpergröße positiv auf den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD auswirkt.

Bei den Untersuchungen, die die BMD an anderen Messorten untersuchten, zeigen sich ebenfalls inkonsistente Ergebnisse. Einen positiven Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der BMD LWS (L1-4 bzw. L2-4) ermittelten Chen et al. (1997), Douchi et al. (1997), Ijuin et al. (2002), Schöfl et al. (2008) und Sheng et al. (2011) bei älteren Frauen. Während Schöfl et al. (2008) und Sheng et al. (2011) auch zwischen der BMD Femur Neck und der Körpergröße einen positiven Zusammenhang ermitteln konnten, zeigte sich bei Chen et al. (1997) dieser Zusammenhang nicht. Unterschiedliche Ergebnisse zeigen sich auch bei der BMD Gesamtkörper: Douchi et al. (1997) konnte einen positiven Zusammenhang zur Körpergröße feststellen, während Chen et al. (1997) dies nicht konnten.

Bei den Männern zeigt sich in der Literatur wie bei den Frauen ein nicht konformes Bild bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern bei Männern. Zhu et al. (2008) beobachteten in ihrem Männerkollektiv keinen Zusammenhang,

während Landin-Wilhelmsen et al. (2000) einen positiven Zusammenhang zwischen allen drei QUS-Parametern und der Körpergröße ermittelten. Liu et al. (2006) berechneten eine positive Korrelation zwischen der BUA bzw. dem SI und der Körpergröße, nicht aber bei der SOS (s. Tab. 10.6, S 157)

Im Gegensatz dazu ermittelten Babaroutsi et al. (2005a) keinen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem QUI (nach Alter adjustiert). Welch et al. (2004) kamen dagegen wie bei den Frauen zu dem Ergebnis, dass zwischen der Körpergröße und der BUA ein positiver Zusammenhang besteht. Sie ermittelten eine Zunahme von 0,33 dB/MHz pro cm Körpergröße.

Wie bei den Frauen beobachteten Lim et al. (2004) auch bei den Männern einen positiven Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der calcanealen BMD und zeigten somit das gleiche Ergebnis wie Landin-Wilhelmsen et al. (2000) mit der QUS-Methode.

Zu dem gleichen Ergebnis wie Lim et al. (2004) kamen auch Benetos et al. (2009) an anderen Messorten. Sie beobachteten einen positiven Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem T-Score BMD LWS (L1-4), Femur Neck und Gesamtkörper. Cheung et al. (2005) ermittelten ebenfalls einen positiven Zusammenhang zwischen diesem anthropometrischen Parameter und der BMD LWS (L1-4), Femur Neck und zusätzlich an der Gesamthüfte.

Die aktuelle Literatur zeigt zusammenfassend bei beiden Geschlechtern inkonsistente Studienergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs calcanealer Knochenstatus bzw. BMD und Körpergröße.

### Körpermasse

Die Literatur beobachtet zwischen der Körpermasse und den drei QUS-Parametern, mit Ausnahme der SOS bei Saarelainen et al. (2007), übereinstimmend einen positiven Zusammenhang (s. Tab. 10.7, S 157). Bei den berechneten Korrelationskoeffizienten ist auffallend, dass zwischen der BUA und der Körpermasse ein deutlich größerer Zusammenhang vorliegt ( $r$  zwischen 0,25 und 0,46) als zwischen der SOS und der Körpermasse ( $r$  zwischen 0,09 und 0,22).

Welch et al. (2004) zeigten in ihrem Frauenkollektiv, dass eine höhere Körpermasse höhere BUA-Messergebnisse zur Folge hat. So ermittelten sie einen Anstieg der BUA um 0,45 dB/MHz pro kg Körpermasse.



Lim et al. (2004), die die BMD des Calcaneus bestimmten, ermittelten das gleiche Ergebnis wie die oben beschriebenen QUS-Studien; zwischen dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD und der Körpermasse besteht ein positiver Zusammenhang.

Untersuchungen, welche die BMD an anderen Messorten (LWS L1-4 bzw. L2-4, Femur Neck, Gesamthüfte, Gesamtkörper) bestimmten, kommen ebenfalls einheitlich zu dem Ergebnis, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Körpermasse und der BMD vorliegt (Chen et al. 1997, Douchi et al. 1997, Gillette-Guyonnet et al. 2000, Schöffl et al. 2008, Sheng et al. 2011).

Wie zuvor bei der Körpergröße ist auch bei den Ergebnissen hinsichtlich Körpermasse und QUS-Parameter bei den Männern in der Literatur kein einheitliches Bild zu erkennen. Während Landin-Wilhelmsen et al. (2000) keinen Zusammenhang zwischen SOS, BUA und SI und der Körpermasse beobachteten, stellten Liu et al. (2006) und Zhu et al. (2008) je nach QUS-Parameter sowohl eine positive und negative als auch keine Korrelation zur Körpermasse fest (s.Tab. 10.8, S 158).

Weitere Studien kamen zu folgenden Ergebnissen: Babaroutsi et al. (2005a) konnten in ihrem Männerkollektiv eine positive Korrelation zwischen dem QUI und der Körpermasse (adjustiert um das Alter) ermitteln. Wie bereits bei der Körpergröße kamen Welch et al. (2004) auch bei der Körpermasse zu dem Ergebnis, dass die BUA mit zunehmender Körpermasse ansteigt. Die Arbeitsgruppe ermittelte eine BUA-Zunahme von 0,24 dB/MHz pro kg Körpermasse.

Arbeitsgruppen, die die BMD an verschiedenen Messorten (Calcaneus, LWS L1-4 bzw. L2-4, Femur Neck und Gesamthüfte) untersuchten, kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass zwischen der BMD und der Körpermasse ein positiver Zusammenhang besteht (Benetos et al. 2009, Cheung et al. 2005, El Maghraoui et al. 2010, Lim et al. 2004).

Die vorliegenden Studien zeigen bei den Frauen einheitliche Studienergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs calcanealer Knochenstatus bzw. BMD und Körpermasse. Bei den Männern zeigt sich dies nur bei den DXA-Studien, während bei den QUS-Studien die Ergebnisse uneinheitlich sind.

### Body Mass Index

Der Body Mass Index (BMI) stellt einen Index für die Bewertung der Körpermasse im Verhältnis zu seiner Körpergröße dar. Er wird eingesetzt, um bei einer Person abzuschätzen,

ob bei dieser Unter-, Normal-, oder Übergewicht bzw. Adipositas vorliegt. Der BMI korreliert mit dem Fettmassegehalt einer Person, so dass im Normalfall ein hoher BMI ein hoher Anteil an Fettmasse und ein geringer Anteil an fettfreier Masse bedeutet. Folglich steht im Normalfall ein hoher BMI in Beziehung mit vielen Erkrankungen, wie Diabetes mellitus Typ 2, Hypertonie oder Dyslipidämie (Gallagher et al. 1996, National Institutes of Health 1998).

Die Literatur zeigt bezüglich des Zusammenhangs zwischen den QUS-Parametern und dem BMI bei Frauen fast übereinstimmende Ergebnisse: Zwischen der SOS, der BUA und dem SI liegt ein positiver Zusammenhang vor. Nur Saarelainen et al. (2007) konnten keinen Zusammenhang zwischen dem BMI und der SOS und dem SI in ihrem Frauenkollektiv beobachten (s. Tab. 10.9, S 158). Wie schon bei der Körpermasse auffällig war, ist der Zusammenhang zwischen der BUA und dem BMI größer als bei der SOS.

Einen Anstieg der BUA um 0,84 dB/MHz pro kg/m<sup>2</sup> ermittelten Welch et al. (2004) in ihrem Frauenkollektiv, so dass auch diese Untersuchung zu dem Ergebnis kam, dass der BMI und der calcaneale Knochenstatus positiv assoziiert sind.

Wie bereits bei den vorherigen anthropometrischen Parametern Körpergröße und –masse, ermittelten Lim et al. (2004) auch beim BMI einen positiven Zusammenhang zur calcanealen BMD und kamen somit zu dem gleichen Ergebnis wie die Untersuchungen, die die Methode QUS anwendeten.

Einen positiven Zusammenhang zwischen BMI und BMD Femur Neck konnten Gillette-Guyonnet et al. (2000) und Sheng et al. (2011) beobachten sowie Douchi et al. (1997) und Sheng et al. (2011) zwischen BMI und LWS (L2-4 bzw. L1-4). Unterschiedliche Ergebnisse zeigen sich jedoch zwischen BMI und BMD Gesamtkörper: So konnten Gillette-Guyonnet et al. (2000) einen positiven Zusammenhang feststellen, Douchi et al. (1997) konnten dagegen keinen Zusammenhang ermitteln.

Coin et al. (2000) beobachteten in ihrem Frauenkollektiv, dass Frauen mit einem BMI  $\geq 22$  kg/m<sup>2</sup> eine höhere BMD Femur Neck aufwiesen als Frauen mit einem BMI unter diesem Grenzwert. Kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen war dagegen bei der BMD Gesamtkörper zu erkennen. Morin et al. (2009) kamen in ihrer Untersuchung zu folgendem Ergebnis: Je höher die BMI-Kategorie ist, desto höher ist der mittlere T- und Z-Score der Frauen an LWS, Femur Neck, Trochanter und Gesamthüfte.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen bei Frauen zeigt sich bei den Männern kein Zusammenhang zwischen den drei QUS-Parametern und dem BMI (s. Tab. 10.10, S 159).

Nur Welch et al. (2004) berechneten einen Anstieg der BUA um 0,55 dB/MHz pro kg/m<sup>2</sup>.

Arbeitsgruppen, die die DXA-Methode verwendeten, kamen dagegen einstimmig, unabhängig vom Messort, zu dem Ergebnis, dass zwischen der BMD und dem BMI ein positiver Zusammenhang vorliegt. So ermittelten Lim et al. (2004) einen positiven Zusammenhang zur BMD Calcaneus, Cheung et al. (2005) zur BMD LWS (L1-4), Femur Neck und Gesamthüfte, El Maghraoui et al. (2010) zwischen BMD LWS (L2-4), Femur Neck sowie Gesamthüfte und Benetos et al. (2009) zwischen T-Score BMD LWS (L1-4), Femur Neck und Gesamtkörper.

Wie bereits bei den Frauen beobachtete Coin et al. (2000), dass Männer mit einem BMI  $\geq 22$  kg/m<sup>2</sup> eine höhere BMD Femur Neck aufwiesen als mit einem BMI  $< 22$  kg/m<sup>2</sup>. Im Gegensatz zu den Frauen konnte die Arbeitsgruppe auch eine höhere BMD Gesamtkörper in der Gruppe BMI  $\geq 22$  kg/m<sup>2</sup> ermitteln.

Zusammenfassend zeigen sich in der Literatur bei den Frauen, wie auch bei der Körpermasse, konforme Ergebnisse hinsichtlich calcanealen Knochenstatus bzw. BMD und BMI. Bei den Männern ist in der Literatur bei den QUS-Studien kein Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem BMI zu erkennen, bei den DXA-Studien dagegen schon

### Waist-Hip-Ratio

Die Waist-Hip-Ratio (WHR) stellt, im Gegensatz zum BMI, einen Index für das Fettverteilungsmuster einer Person dar. Es wird dabei zwischen androider oder viszeraler (WHR  $\geq 0,85$  bei Frauen und  $\geq 0,90$  bei Männern) und gynoider oder peripherer (WHR  $< 0,85$  bei Frauen und  $< 0,90$  bei Männern) Fettverteilung unterschieden (WHO 2011). Der negative Einfluss der viszeralen Fettverteilung auf den Knochenstatus bzw. auch auf die BMD geht vermutlich auf die inflammatorisch wirkenden Cytokine Tumor-Nekrose-Faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) und Interleukin-6 (IL-6) zurück. Sowohl TNF- $\alpha$  als auch IL-6 sind in der Lage, die Osteoklastendifferenzierung und -aktivität zu steigern und die Apoptose der Osteoklasten zu inhibieren, welches wiederum einen verminderten Knochenstatus bzw. eine reduzierte BMD zur Folge hat (Edwards und Williams 2010, Kwan et al. 2004).

Hinsichtlich dieser Thematik gibt es nur sehr wenige Studien. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) und Babaroutsi et al. (2005b) untersuchten den Zusammenhang zwischen WHR und der SOS, der BUA und dem SI bzw. QUI und beobachteten keinen Zusammenhang.

Die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich WHR und BMD zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Ardawi et al. (2005), die den Zusammenhang zwischen WHR und BMD LWS (L2-4) und Femur Neck untersuchten, stellten einen negativen Zusammenhang fest, während Gillette-Guyonnet et al. (2000) zwischen WHR und BMD Femur Neck keinen Zusammenhang, dafür aber einen positiven Zusammenhang zwischen WHR und BMD Gesamtkörper beobachteten. Choi und Pai (2003) ermittelten wie auch Ardawi et al. (2005) einen negativen Zusammenhang zwischen WHR und BMD LWS (L2-4), konnten aber, wie auch Gillette-Guyonnet et al. (2000), keinen Zusammenhang zur BMD Femur Neck feststellen.

Wie bei den Frauen gibt es nur wenige QUS-Untersuchungen an Männern, die einen Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der WHR untersuchten. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) ermittelten bei der BUA keinen und bei der SOS und dem SI dagegen einen negativen Zusammenhang zur WHR. Babaroutsi et al. (2005a) kommen zu dem Ergebnis, dass es in ihrem Männerkollektiv keinen Zusammenhang zwischen WHR und SOS, BUA und QUI gibt.

Bei den DXA-Studienergebnissen zeigt sich wie bei den QUS-Studien kein einheitliches Bild hinsichtlich WHR und BMD. Während Choi und Pai (2003) in ihrem Männerkollektiv einen positiven Zusammenhang zwischen WHR und BMD LWS (L2-4) und Femur Neck ermittelten, beobachteten dagegen Ardawi et al. (2005) wie auch bei den Frauen einen negativen Zusammenhang zwischen der WHR und der BMD LWS (L2-4).

Die Studienergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs calcanealer Knochenstatus bzw. BMD und WHR sind bei beiden Geschlechtern nicht konform.

### **2.2.3 Körperzusammensetzung**

Die Bedeutung der Körperzusammensetzung, d. h. fettfreie Masse und Fettmasse, auf den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD wird derzeit von einigen Forschergruppen untersucht. Im Fokus der Untersuchungen steht dabei, welche der beiden Komponenten den größeren Zusammenhang zum calcanealen Knochenstatus bzw. zur BMD aufweist.

Die Studienlage zeigt hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen SI und fettfreier Masse bzw. Fettmasse widersprüchliche Ergebnisse. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) beobachteten zwischen der BUA und dem SI und der fettfreien Masse eine positive Korrelation, zwischen der BUA und dem SI und der Fettmasse ermittelten sie keinen Zusammenhang. Das

umgekehrte Bild zeigt sich bei Saarelainen et al. (2007). Bei dieser Studie ist jedoch zu beachten, dass die Berechnungen zur Fettmasse, im Gegensatz zur fettfreien Masse, nicht mit der absoluten Masse, also kg, durchgeführt wurde, sondern mit dem prozentualen Anteil zur Körpermasse. Somit ist ein direkter Vergleich mit der Untersuchung z. B. von Landin-Wilhelmsen (2000) nicht möglich. Kroke et al. (2000) beobachteten nur zwischen der BUA und der fettfreien Masse bzw. der Fettmasse einen positiven Zusammenhang, nicht aber bei der SOS. Ein Zusammenhang zum SI wurde nicht angegeben (s. Tab. 10.11, S 159).

Assantachai et al. (2006) bestimmten die Körperzusammensetzung mittels Nah-Infrarot-Technik und beobachteten, dass die Frauen mit einem BUA-T-Score  $\leq -1,0$  SD eine niedrigere fettfreie Masse aufwiesen, als die Frauen mit einer BUA oberhalb dieses Grenzwertes. Das gleiche Ergebnis konnte die Arbeitsgruppe auch beim SI (T-Score  $\leq -1,6$  SD) feststellen.

Die aktuelle QUS-Literatur bei Frauen ist derzeit nicht konform, bei welcher der beiden Komponenten der Körperzusammensetzung, fettfreie Masse oder Fettmasse, ein größerer Zusammenhang zum calcanealen Knochenstatus besteht.

Studien, die mittels DXA die BMD an verschiedenen Messorten bestimmten, zeigen hinsichtlich des Zusammenhangs BMD und fettfreier Masse bzw. Fettmasse bei postmenopausalen Frauen meist konforme Ergebnisse. Bei genauerer Betrachtung, welcher der beiden Komponenten einen größeren Zusammenhang zur BMD aufweist, zeigt die Literatur, wie auch die QUS-Literatur, unterschiedliche Ergebnisse auf.

Douchi et al. (1997), Gillette-Guyonnet et al. (2000), Ijuin et al. (2002), Lim et al. (2004), Sheng et al. (2011) und Schöffl et al. (2008) kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass zwischen der BMD (Calcaneus, LWS (L1-4 bzw. L2-4), Femur Neck, Gesamthüfte, Gesamtkörper) und der fettfreien Masse bzw. der Fettmasse ein positiver Zusammenhang besteht. Coin et al. (2000) konnten ebenfalls eine positive Korrelation zwischen BMD Femur Neck und fettfreier Masse und Fettmasse beobachten, sowie zwischen der BMD Gesamtkörper und der fettfreien Masse. Keinen Zusammenhang ermittelte die Arbeitsgruppe dagegen zwischen der BMD Gesamtkörper und der Fettmasse.

Ijuin et al. (2002) (BMD LWS (L2-4), Gesamtkörper), Lim et al. (2004) (BMD Calcaneus) und Schöffl et al. (2008) (BMD LWS (L1-4), Femur Neck, Gesamthüfte) kamen zu dem Ergebnis, dass an allen BMD-Messorten zwischen der BMD und der fettfreien Masse ein größerer Zusammenhang besteht als zwischen BMD und Fettmasse.

Sheng et al. (2011) und Douchi et al. (1997) ermittelten dagegen, dass je nach Messort entweder die fettfreie Masse oder die Fettmasse den größeren Zusammenhang zur BMD aufweist. So stellten Sheng et al. (2011) fest, dass zwischen BMD Femur Neck und Gesamthüfte und fettfreier Masse eine höhere Korrelation vorliegt, bei der BMD LWS (L1-4) jedoch bei der Fettmasse. Auch Douchi et al. (1997) konnten einen größeren Zusammenhang zwischen BMD LWS (L1-4) und Fettmasse als zur fettfreien Masse ermitteln, bei der BMD Gesamtkörper konnte die Arbeitsgruppe dagegen ein umgekehrtes Bild zur BMD LWS beobachten.

Gillette-Guyonnet et al. (2000) kamen zu dem Ergebnis, dass an beiden Messorten (Femur Neck und Gesamthüfte) zwischen der BMD und der Fettmasse ein größerer Zusammenhang vorliegt als zur fettfreien Masse. Jürimäe et al. (2008) ermittelten ebenfalls, dass an allen Messorten (Gesamtkörper, LWS (L2-4) und Femur Neck) zwischen der BMD und der Fettmasse ein größerer Zusammenhang im Gegensatz zur fettfreien Masse besteht.

Hinsichtlich des Zusammenhangs QUS-Parameter und Körperzusammensetzung gibt es bei Männern nur sehr wenige Studien. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) beobachteten in ihrer Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen dem SI und der fettfreien Masse sowie der Fettmasse (s. Tab. 10.12, S 160).

Wie bereits bei den Frauen konnten Assantachai et al. (2006) auch bei den Männern beobachten, dass diese bei einem BUA-T-Score  $\leq 1,0$  SD bzw. SI-T-Score  $\leq 1,6$  SD eine geringere fettfreie Masse aufwiesen als diejenigen oberhalb dieses Grenzwertes. Hinsichtlich Fettmasse und BUA bzw. SI stellten Assantachai et al. (2006) das gleiche Ergebnis fest wie bei der fettfreien Masse und ermittelten somit ein anderes Ergebnis als die Untersuchung von Landin-Wilhelmsen et al. (2000).

Wie bei den QUS-Studien gibt es nur wenige Studien, die bei älteren Männern den Zusammenhang zwischen BMD und Körperzusammensetzung untersuchten. Die Ergebnisse bezüglich BMD und Körperzusammensetzung zeigen besonders bei der fettfreien Masse ein konformes Bild.

Lim et al. (2004) ermittelten sowohl zwischen der fettfreien Masse als auch zwischen der Fettmasse und der BMD Calcaneus einen positiven Zusammenhang. Der größere Zusammenhang zeigte sich dabei bei der fettfreien Masse. Coin et al. (2000) ermittelten einen positiven Zusammenhang zwischen BMD Femur Neck und fettfreier Masse bzw. Fettmasse, wobei wiederum die fettfreie Masse den größeren Zusammenhang zeigte. Hinsichtlich BMD

Gesamtkörper und Körperzusammensetzung konnten Coin et al. nur bei der fettfreien Masse einen positiven Zusammenhang beobachten. Das gleiche Ergebnis wie Coin et al. (2000) stellten auch Kirchengast et al. (2001) fest: Zwischen der BMD Gesamtkörper und der fettfreien Masse zeigte sich ein positiver Zusammenhang, bei der Fettmasse konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden.

Der aktuelle Forschungsstand hinsichtlich der Frage, welcher der beiden Komponenten der Körperzusammensetzung den größeren Zusammenhang zum calcanealen Knochenstatus bzw. zur BMD aufweist, ist besonders bei den Frauen nicht konform. Während bei den Männern die Literatur, besonders bei den DXA-Studien, eher davon ausgeht, dass zwischen dem Knochenstatus und der fettfreien Masse der größere Zusammenhang besteht, zeigt die Literatur bei den Frauen kein eindeutiges Bild, bei welchem der beiden Komponenten der größere Zusammenhang besteht.

## **2.2.4 Gynäkologische Parameter**

Die reproduktive Zeit einer Frau, die mit der Menarche beginnt und mit der Menopause endet, hat einen wesentlichen Einfluss auf den Knochenstoffwechsel und somit auf das Knochenwachstum, die Knochenmineralisierung und den Knochenumbau.

Im Folgenden wird darauf eingegangen, welcher Zusammenhang zwischen dem Menarchealter, der Östrogenexpositionszeit und der postmenopausalen Jahre und dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD besteht.

### Menarchealter

Die wichtigste Zeit für die Ausreifung der Knochen bzw. des Skeletts ist die Pubertät (Clarke und Khosla 2010). Der pubertäre Wachstumsschub, bei Mädchen normalerweise zwischen 11 und 14 Jahren und bei Jungen zwischen 13 und 17 Jahren, ist verbunden mit einem deutlichen und raschen Anstieg der Knochenmasse und der BMD (Eastell und Lambert 2002, Dowson-Hughes 2006, Hui et al. 1999). Mädchen erreichen in den vier Jahren um das Auftreten ihrer Menarche etwa ein Drittel ihrer maximalen BMD (Clarke und Khosla 2010). Tritt bei Mädchen, aber auch bei Jungen, die Pubertät und somit auch die Produktion der Geschlechtshormone dagegen verspätet ein, so weisen sie veränderte Knochenformen und bereits in jungen Jahren eine reduzierte BMD im Vergleich zu Kindern mit zeitlich normal eingesetzter Pubertät auf, welches das Osteoporoserisiko im späteren Leben erhöht (Finkelstein et al. 1996, Ho und Kung 2005, Seeman 2002).

Es gibt nur wenige Studien hinsichtlich QUS-Parameter und Menarchealter im Vergleich zu bspw. den anthropometrischen Parametern.

Der Autorin sind nur zwei QUS-Studien bekannt, in denen der Zusammenhang zwischen dem calcanealen Knochenstatus und dem Menarchealter untersucht wurde. Jin et al. (2011) ermittelten zwischen dem SI und dem Menarchealter einen negativen Zusammenhang, während Saadi et al. (2003) zu dem Ergebnis kamen, dass zwischen den drei QUS-Parametern SOS, BUA und QUI und dem Menarchealter kein Zusammenhang besteht.

Babaroutsi et al. (2005b) teilten die Seniorinnen ihrer Untersuchung nach Menarchealter ein und beobachteten bei den Messergebnissen der QUS-Variablen SOS, BUA und QUI zwischen Frauen mit früher ( $< 14$  Jahre) und später Menarche ( $\geq 14$  Jahre) keine Unterschiede.

Bei den Studien, die mittels DXA die BMD bestimmten, zeigt sich bei den Ergebnissen hinsichtlich BMD und Menarchealter ein ähnliches Bild wie bei den QUS-Studien.

Ozdemir et al. (2005) beobachteten bei den postmenopausalen Frauen ihrer Studie keinen Zusammenhang zwischen dem Menarchealter und BMD LWS (L2-4), Femur Neck, Trochanter und Ward's triangle. Zu dem gleichen Ergebnis kamen auch Hassa et al. (2005) (BMD LWS (L1-4)). Gerdhem und Obrant (2004) stellten dagegen in ihrem 75-jährigen Frauenkollektiv fest, dass eine frühe Menarche mit einer hohen BMD LWS (keine Angabe des Messbereichs) und Femur Neck korreliert. Wurden jedoch die Frauen mit der frühesten und der spätesten Menarche ausgeschlossen (jeweils 2,5 %) und nur noch die Frauen mit einem Menarchealter zwischen 12 und 17 Jahren in die Berechnung mit eingeschlossen, konnten Gerdhem und Obrant keinen Zusammenhang zur BMD mehr feststellen.

Sioka et al. (2010) beobachteten in ihrem Kollektiv, dass es zwischen Frauen mit einer Osteopenie oder einer Osteoporose keine Unterschiede im Menarchealter gibt zu Frauen mit einer normalen BMD LWS (L1-4) und Hüfte.

Die aktuelle Studienlage zeigt bis auf eine Ausnahme keinen Zusammenhang bzw. reduzierte Messergebnisse bei einer späten Menarche und dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD.

### Östrogenexpositionszeit

Die Östrogenexpositionszeit stellt einen weiteren gynäkologischen Parameter mit einem möglichen Zusammenhang zum calcanealen Knochenstatus bzw. zur BMD dar. Je länger das Skelettsystem einer Frau von der Östrogenproduktion beeinflusst wird, desto geringer ist der Zeitraum des Östrogendefizits der Postmenopause. Somit liegt die Vermutung nahe, dass eine



lange Östrogenexpositionszeit eine protektive Wirkung auf den allgemeinen Knochenstatus besitzt.

Der Verfasserin dieser Arbeit sind keine QUS-Studien an postmenopausalen älteren Frauen bekannt, die mittels Korrelationsanalyse den Zusammenhang zwischen calcanealem Knochenstatus und Östrogenexpositionszeit untersuchten.

Bei den DXA-Studien ist der Autorin hinsichtlich dieser Thematik nur eine Untersuchung bekannt. Gerdhem und Obrant (2004) ermittelten in ihrem Kollektiv keinen Zusammenhang zwischen der Östrogenexpositionszeit und der BMD LWS und Femur Neck.

Da es derzeit nur wenige Studien hinsichtlich dieser Thematik gibt, ist eine Aussage, ob zwischen dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD und der Östrogenexpositionszeit ein Zusammenhang besteht, nicht möglich.

#### Postmenopausale Jahre

Nach Erreichen der maximalen BMD Mitte des 20. bis Mitte des 30. Lebensjahres beginnt die BMD schon vor Eintritt der Menopause aufgrund der einsetzenden negativen Knochenbilanz etwa 1 % pro Jahr abzunehmen (Dawson-Hughes 2006, Hui et al. 1999, Seeman 2002). Besonders ausgeprägt ist jedoch die Abnahme der BMD in den ersten acht bis zehn Jahren nach Eintritt der Menopause, welches auf die erhöhte Osteoklastenaktivität aufgrund des zunehmenden Östrogendefizits zurückzuführen ist. Hierbei ist der trabekuläre Knochen von der Abnahme der BMD stärker betroffen als der kortikale Knochen. In den ersten Jahren nach Eintritt der Menopause steigt die Abbaurate der BMD auf das 2 - 6-fache im Vergleich zu prämenopausalen Frauen an. Etwa zehn Jahre nach Eintritt der Menopause beträgt die jährliche BMD-Abnahme wieder ca. 1 % und bleibt nach dem 60. Lebensjahr in dieser Größenordnung bestehen (Clarke und Khosla 2010, Dawson-Hughes 2006, Ensrud et al. 1995, Khosla und Riggs 2005, Seeman 2002).

Es liegt somit nahe, dass zwischen dem calcanealen Knochenstatus und den postmenopausalen Jahren ein Zusammenhang zu beobachten ist.

Die Literatur beobachtet einstimmig, dass, mit Ausnahme bei der BUA bei Kitagawa und Nakahara (2008), zwischen den QUS-Parametern SOS, BUA und SI und den postmenopausalen Jahren ein negativer Zusammenhang vorliegt (s. Tab. 10.13, S 160). Babaroutsi et al. (2005b) beobachteten ebenfalls einen negativen Zusammenhang zwischen den postmenopausalen Jahren und dem QUI.

Assantachai et al. (2006) konnten im Frauenkollektiv ihrer Studie beobachten, dass Frauen mit einem SI unter -1,6 SD im Vergleich zu einem jungen Referenzkollektiv eine längere postmenopausale Zeit aufwiesen als Frauen mit einem SI über diesem Grenzwert.

Arbeitsgruppen, die den Zusammenhang zwischen postmenopausalen Jahren und der BMD untersuchten, kamen wie die QUS-Studien übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass zwischen diesen beiden Variablen, unabhängig vom Messort (LWS (L1-4 bzw. L2-4), Femur Neck, Gesamthüfte, Gesamtkörper), ein negativer Zusammenhang vorliegt (Douchi et al. 1997, Hassa et al. 2005, Ijuin et al. 2002, Lim et al. 2004, Sheng et al. 2011).

Die aktuelle Literatur zeigt übereinstimmend einen negativen Zusammenhang zwischen dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD und den postmenopausalen Jahren.

### **2.2.5 Vitamin D-Zufuhr**

Vitamin D spielt eine wichtige Rolle in der Regulation der Calciumhomöostase. Durch das enge Zusammenspiel von 1,25 Dihydroxycholecalciferol, das biologisch aktive Vitamin D, Parathormon (PTH) und Calcitonin wird die Plasmacalciumkonzentration in engen Grenzen konstant gehalten. Eine niedrige Serumkonzentration an Vitamin D, z. B. durch unzureichende alimentäre Zufuhr oder inadäquate Bildung von Vitamin D durch den Einfluss von UV-Licht auf der Haut, welches besonders bei älteren Menschen aufgrund von Immobilisation und abnehmender Syntheseleistung der Haut ein Problem darstellt, führt zu einer Konzentrationsabnahme von 1,25 Dihydroxycholecalciferol sowie verminderter Calciumabsorption, wodurch die Calciumkonzentration im Plasma absinkt. Dieses führt wiederum zu einer verstärkten PTH-Sekretion in der Nebenschilddrüse und zum anderen zu einer verstärkten Bildung von 1,25 Dihydroxycholecalciferol in der Niere. Diese beiden Mechanismen bewirken eine vermehrte Calciumfreisetzung aus den Knochen durch die Aktivierung der Osteoklasten, eine vermehrte intestinale Calciumresorption und eine gesteigerte renale Calciumreabsorption mit dem Ziel, die Plasmacalciumkonzentration wieder zu normalisieren. Bei einem vorhandenen Vitamin D-Mangel bleibt die verstärkte PTH-Sekretion jedoch bestehen, welches auch als sekundärer Hyperparathyreoidismus bezeichnet wird. Dieser sekundäre Hyperparathyreoidismus bewirkt durch die vermehrte Freisetzung von Calcium aus dem Knochen eine Abnahme des Knochenmineralgehaltes und letztendlich auch der BMD und der Knochenmasse, welches wiederum zu einer Osteoporose führt (Holick 2006, Lips 2001).

Es gibt derzeit nur wenige Studien, die den calcanealen Knochenstatus in Zusammenhang setzen mit Vitamin D. Die geringe Anzahl an Untersuchungen zeigen dabei nicht konforme Ergebnisse. Krieg et al. (1998) konnten in ihrem Frauenkollektiv einen positiven Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der SOS sowie der BUA ermitteln, ebenso auch Kauppi et al. (2009). Zu einem anderen Ergebnis kommen dagegen Zochling et al. (2002). Sie beobachteten keinen Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der SOS und der BUA.

Wie bei den QUS-Studien zeigen sich auch bei den DXA-Studien unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich dieser Thematik. Garnero et al. (2007) beobachteten in ihrem älteren Frauenkollektiv keinen Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration (adjustiert um das Alter) und der BMD Gesamthüfte und Femur Neck. Bei der Unterteilung der Probandinnen in die Gruppen  $\leq 75$  nmol/L und  $> 75$  nmol/L 25 (OH)D unterschied sich die BMD Gesamthüfte nicht zwischen den beiden Gruppen. Das gleiche Ergebnis war auch zu sehen bei der Unterteilung  $\leq 50$  nmol/L und  $> 50$  nmol/L. Yamauchi et al. (2011) stellten in ihrem älteren postmenopausalen Frauenkollektiv dagegen fest, dass zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der BMD LWS (L2-4) und Femur Neck ein positiver Zusammenhang besteht.

Wie bei den Frauen gibt es nur wenige Untersuchungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen den QUS-Parametern und Vitamin D bei Männern. Die Ergebnisse sind auch hier nicht konform. Wie bereits bei den Frauen konnten Kauppi et al. (2009) bei den Männern zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der SOS und BUA einen positiven Zusammenhang ermitteln. Krieg et al. (1998) konnten in ihrem Männerkollektiv ebenfalls einen positiven Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der BUA beobachten, nicht aber bei der SOS. Wie schon bei den Frauen ermittelten Zochling et al. (2002) auch bei den Männern keinen Zusammenhang.

Die Ergebnisse der DXA-Studien hinsichtlich BMD und Vitamin D sind wie die QUS-Ergebnisse nicht konsistent. Akhter et al. (2009) ermittelten im Gesamtkollektiv ihrer Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der BMD LWS (L1-4) und Gesamthüfte. Bei der Unterteilung des Gesamtkollektivs in die beiden Gruppen  $> 15$  ng/ml und  $\leq 15$  ng/ml 25 (OH)D konnten die Autoren nur bei Gruppe 2 ( $\leq 15$  ng/ml 25 (OH)D) einen positiven Zusammenhang zwischen der 25 (OH)D Serumkonzentration und der BMD LWS und Gesamthüfte beobachten. Wilkins et al. (2009) teilten

die Probanden ebenfalls in zwei Gruppen auf. In Gruppe 1 waren die Männer mit einer normalen 25 (OH)D Serumkonzentration ( $\geq 20$  ng/ml) und in Gruppe 2 Männer mit einer unzureichenden Versorgung ( $< 20$  ng/ml). Die Männer in Gruppe 1 wiesen in dieser Studie eine höhere BMD Femur Neck auf als die Männer in Gruppe 2, bei der BMD LWS (L1-4) waren jedoch keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu beobachten.

Die aktuelle Literatur zeigt kein eindeutiges Bild hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD und der 25 (OH)D Serumkonzentration.

### **2.2.6 Lebensstilfaktoren**

Die Lebensstilfaktoren Alkoholzufuhr, Rauchen und körperliche Aktivität gelten als Confounder für den allgemeinen Knochenstatus. In diesem Kapitel soll der Hintergrund sowie die aktuelle Studienlage diesbezüglich dargestellt werden.

#### Alkoholzufuhr

Ethanol kann den Knochen sowohl direkt als auch indirekt negativ beeinflussen, wobei die direkte Beeinflussung die zentralere Rolle zu spielen scheint (Alvisa-Negrin et al. 2009, Malik et al. 2009, Maurel et al. 2011a). Die direkte Schädigung erfolgt u. a. über den toxischen Effekt von Ethanol auf die Osteoblasten, Osteoklasten und Osteozyten, allerdings fehlen hier noch ausreichende humane *in vivo* Studien (Maurel et al. 2011b, Sampson 1998, Turner 2000). Die indirekte negative Beeinflussung erfolgt u. a. zum einen über eine unzureichende Energiezufuhr bei starken Alkoholikern, welches mit einer Abnahme an Körpermasse sowie fettfreier Masse und Fettmasse einhergeht (González-Reimers et al. 2008, Maurel et al. 2011). Durch die fehlende mechanische Belastung kommt es zum Abbau an Knochenmasse und BMD (s. übernächstes Kapitel „körperliche Aktivität“). Zum anderen führt chronischer Alkoholkonsum zu einer Abnahme der 25 (OH)D Serumkonzentration (Alvisa-Negrin et al. 2009, Malik et al. 2009), welches bei gleichzeitiger ungenügender Vitamin D-Aufnahme zu einem sekundären Hyperparathyreoidismus führt (s. vorheriges Kapitel). Daneben scheint starker Alkoholkonsum auch die Konzentration von Testosteron negativ zu beeinflussen (Maneesh et al. 2006).

Die aktuelle Literatur zeigt bezüglich Alkoholaufnahme und QUS-Parameter unterschiedliche Ergebnisse. Assantachai et al. (2006) beobachteten keinen Unterschied bei der Alkoholaufnahme von Frauen mit reduzierter BUA bzw. reduziertem SI im Vergleich zu der Gruppe mit normalem BUA bzw. SI-Messwert. Blanchet et al. (2003) ermittelten dagegen in ihrem

Kollektiv einen positiven Zusammenhang zwischen Alkoholzufuhr und den QUS-Parametern und Jin et al. (2011) eine J-Kurve, welches bedeutet, dass ein moderater Alkoholkonsum sich positiv und ein hoher Alkoholkonsum sich negativ auf die SI-Messwerte auswirkt. Es ist hierbei allerdings anzumerken, dass die Alkoholmenge, bei der die geringste Odds Ratio (OR) ermittelt wurde, über dem Richtwert der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) für die Alkoholzufuhr von Frauen (10 g; DGE 2012) liegt. Babaroutsi et al. (2005b) kamen im Gegensatz zu Blanchet et al. (2003) zu dem Ergebnis, dass zwischen der Alkoholaufnahme und den QUS-Parametern kein Zusammenhang vorliegt.

Bei den BMD-Studien zeigt sich hinsichtlich der Alkoholzufuhr, dass ein geringer bis moderater Alkoholkonsum einen positiven Effekt auf die BMD zu haben scheint. So ermittelten Illich et al. (2002) bei postmenopausalen Frauen bei einer täglichen Alkoholzufuhr von etwa 8 g eine höhere BMD LWS (L1-4) und Gesamtkörper. Ebenso beobachteten Rapuri et al. (2000a) bei postmenopausalen Frauen, dass Frauen, die Alkohol tranken, im Durchschnitt eine 10 % höhere BMD LWS (L1-2) und eine 4,5 % höhere BMD Gesamtkörper aufwiesen als die Nicht-Trinkerinnen. Frauen mit einer wöchentlichen Alkoholzufuhr von 29 - 57 g zeigten dabei die höchsten Werte (16 % höhere BMD LWS und 12 % höhere BMD Gesamtkörper). Eine positive Wirkung von Alkohol auf die BMD ermittelten auch Tucker et al. (2009) auf die BMD Gesamthüfte und LWS (L2-4), Ganry et al. (2000) auf die BMD Trochanter sowie Feskanich et al. (1999) auf die BMD LWS (L1-4) im Vergleich zu Nicht-Trinkerinnen. Die Kollektive waren wie bei den beiden vorherigen Studien postmenopausale Frauen. Allerdings ist bei den Untersuchungen von Tucker et al. (2009), Ganry et al. (2000) und Feskanich et al. (1999) wie bereits schon bei der QUS-Studie von Jin et al. (2011) anzumerken, dass der positive Effekt mit einer Alkoholmenge assoziiert ist, die über dem DGE-Richtwert für Frauen liegt (Ganry et al.: 11 - 29 g Alkohol pro Tag, Tucker et al.: mehr als 2 alkoholische Getränke pro Tag, Feskanich et al.: 75 g oder mehr Alkohol pro Woche), so dass die positive Wirkung auf die BMD somit relativiert werden muss.

Die QUS-Studienlage an überwiegend älteren Männern bezüglich dieser Thematik ist wie bei den Frauen nicht konform. So stellten Babaroutsi et al. (2005a) fest, dass es zwischen der Alkoholaufnahme und den QUS-Parametern keinen Zusammenhang gibt und Assantachai et al. (2006) beobachteten wie bereits bei den Frauen, dass auch bei den Männern mit reduzierten QUS-Messwerten (BUA und SI) und denen mit normalen BUA- und SI-Messwerten kein Unterschied hinsichtlich der Alkoholaufnahme vorliegt. Wie schon bei den Frauen ermittelten Jin et al. (2011) auch bei den Männern eine J-Kurve bezüglich

Alkoholzufuhr und SI. Die niedrigste OR im Vergleich zu Nicht-Trinkern, bezogen auf das Risiko eines niedrigen SI-Messwertes ( $SI \leq 83 \%$ ), lag allerdings bei einer Alkoholzufuhr von 29,6 - 49,4 g/d, welches deutlich über dem DGE-Richtwert für die tägliche Alkoholaufnahme bei Männern (20 g; DGE 2012) liegt. Pye et al. (2010) ermittelten bei einem niedrigen und hohen Konsum (täglicher Konsum) im Vergleich zu einem Alkoholkonsum von 1 - 2-mal pro Woche (moderater Konsum) reduzierte SOS-, BUA- und QUI-Messwerte.

Die Ergebnisse der BMD-Studien bei Männern ähneln denen der Frauen. So konnten Tucker et al. (2009) bei einer Zufuhr von ein bis zwei alkoholischen Getränken pro Tag, wobei ein alkoholisches Getränk einem Alkoholgehalt von 13,2 g entsprach, eine höhere BMD Gesamthüfte beobachten im Vergleich zu keiner Alkoholaufnahme. Eine Alkoholaufnahme von mehr als zwei Getränken, besonders von Spirituosen, führte jedoch zu einer verringerten BMD Gesamthüfte und LWS (L2-4) im Vergleich zu ein bis zwei Spirituosengetränken pro Tag. Eine positive Wirkung auf die BMD Femur Neck und LWS (L1-4) bei etwa einem alkoholischen Getränk pro Tag ermittelten auch Cauley et al. (2005). Alvisa-Negrin et al. (2009) und Malik et al. (2009) untersuchten die BMD von Langzeitalkoholikern und kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass ein langfristiger exzessiver Alkoholkonsum zu einer Abnahme der BMD, unabhängig vom Messort, führt.

Die aktuelle Literatur zeigt unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der Wirkung von Alkohol auf den calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD. Die Ergebnisse von BMD-Studien deuten darauf hin, dass ein alkoholisches Getränk täglich bei Frauen und zwei bei Männern keine negativen, sondern mögliche positive Auswirkungen auf das Knochengewebe haben, wohingegen ein höherer Konsum das Knochengewebe schädigen kann.

### Rauchverhalten

Der genaue Mechanismus, wie das Rauchen den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD beeinflusst, ist derzeit noch unklar. Diskutiert werden u. a. eine früher einsetzende Menopause bei Raucherinnen (Harlow und Signorello 2000, Mikkelsen et al. 2007), eine verringerte intestinale Calciumabsorption (Krall und Dawson-Hughes 1999, Rapuri et al. 2000b) und niedrigere 25 (OH)D Serumkonzentrationen bei Rauchern (Brot et al. 1999). Zudem weisen Raucher eine geringere Körpermasse und einen niedrigeren BMI (Albanes et al. 1987, Gerdhem und Obrant 2002) auf, welches sich ebenfalls ungünstig auf den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD (s. Kap. 5.5, S 97ff) auswirkt

Die QUS-Literatur zeigt hinsichtlich der Auswirkungen von Rauchen auf den calcanealen Knochenstatus bei Frauen keine konformen Ergebnisse. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) beobachteten in ihrem Frauenkollektiv einen negativen Zusammenhang zwischen dem Rauchverhalten und der SOS (nach Adjustierung um das Alter), nicht aber zwischen der BUA und dem SI. Ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen dem Rauchverhalten (Anzahl Zigarettenpackungen pro Jahr) und dem SI ermittelten Jin et al. (2011). Stewart et al. (2006) konnten keinen Unterschied bei der SOS zwischen Nichtrauchern und Rauchern im Kollektiv der älteren Frauen nachweisen. Eine Tendenz zu einem höheren SOS-Messwert bei Nichtraucherinnen wurde aber beschrieben. Hinsichtlich Rauchverhalten und BUA stellten Stewart et al. ebenfalls keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen fest. Zu einem etwas anderen Ergebnis kamen dagegen Gerdhem und Obrant (2002) in ihrer Studie. So hatten die Raucher unter ihnen nicht nur niedrigere SOS-Messwerte gegenüber den Nichtrauchern sondern auch niedrigere BUA- und SI-Messwerte. Keine Unterschiede bezüglich Rauchverhalten und den QUS-Parametern lag zwischen den Nichtrauchern und Ex-Rauchern vor. Nach einer Korrektur der QUS-Messwerte um die körperliche Aktivität der Probanden zeigten die Raucher weiterhin geringere SOS-, BUA- und SI-Messwerte. Als zusätzlich um das Körpergewicht adjustiert wurde, waren allerdings keine Unterschiede mehr zwischen den QUS-Messwerten der beiden Gruppen zu erkennen.

Welch et al. (2004) kamen in ihrem Frauenkollektiv zu dem Ergebnis, dass das Rauchverhalten einen negativen Effekt auf die BUA besitzt. So wiesen die Raucherinnen einen um 1,7 % niedrigeren BUA-Messwert (adjustiert um Alter, Körpergröße und Körpermasse) auf als die Nichtraucherinnen. Keinen Zusammenhang zwischen dem Rauchverhalten und der SOS, der BUA und dem QUI beobachteten wiederum Babaroutsi et al. (2005b) in der Gruppe der erwachsenen Frauen und der Seniorinnen.

Die Literatur bei den Männern zeigt, wie bereits bei den Frauen, sehr unterschiedliche Studienergebnisse. Jin et al. (2011) stellten im Gegensatz zum Frauenkollektiv bei den Männern einen negativen Zusammenhang zwischen dem Rauchen (Anzahl Zigarettenpackungen pro Jahr) und dem SI fest. Zu einem anderen Ergebnis kommen Landin-Wilhelmsen et al. (2000) in ihrem Kollektiv. Die Arbeitsgruppe konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Rauchverhalten und der SOS, der BUA und dem SI beobachten.

Ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen dem Rauchverhalten und der SOS, der BUA und dem QUI zeigt die Untersuchung von Babaroutsi et al. (2005a). Bei der Unterteilung Raucher

und Nichtraucher konnte allerdings bei den Nichtrauchern der Trend beobachtet werden, dass sie einen höheren BUA-Messwert aufwiesen als die Raucher. Welch et al. (2004) kamen wiederum zu dem Ergebnis, dass Raucher im Vergleich zu Nichtrauchern einen um 3,2 % niedrigeren BUA-Messwert (adjustiert um Alter, Körpergröße und Körpermasse) aufzeigten.

Zusammenfassend kann für diesen Lebensstilfaktor festgehalten werden, dass die aktuelle Literatur bei beiden Geschlechtern unterschiedliche Ergebnisse aufzeigt bezüglich der Auswirkungen des Rauchens auf den calcanealen Knochenstatus.

### Körperliche Aktivität

Es ist seit einigen Jahren bekannt, dass sich körperliche Aktivität im Allgemeinen und gewichtsbelastende körperliche Aktivität im Speziellen positiv auf die Knochengesundheit auswirkt. Im Kindes- und Jugendalter wird durch körperliche Aktivität der Aufbau von Knochenmasse und deren Dichte gefördert. Im Erwachsenenalter wird bis zur fünften Lebensdekade durch Sport die Knochenmasse und die BMD erhalten und im Alter der Abbau der Knochenmasse und BMD verlangsamt sowie Stürze und damit verbundene Frakturen reduziert (American College of Sports Medicine 2004, New 2001).

Der positive Effekt von besonders gewichtsbelastendem Sport auf den Knochenstatus im Allgemeinen ist im Wolf'schen Gesetz (1892) begründet. Dieses besagt, dass sich der Knochen an die mechanischen Anforderungen adaptiert. Dieses Gesetz wurde von Harold Frost aufgegriffen, der daraus die Mechanostat-Hypothese entwickelte. Diese Hypothese beinhaltet, dass Knochenwachstum und -abbau und somit die Gestalt und Festigkeit eines Knochens durch die mechanisch bedingte Belastung (u. a. verursacht durch die Muskulatur), welches zu einer Verformung des Knochens führt, bestimmt wird. In Abhängigkeit der Stärke der Verformung nehmen Knochenmasse oder BMD ab (Verformung  $< 800 \mu\text{Strain}^1 = < 0,08 \%$ ; Remodeling), bleiben unverändert (Verformung zwischen  $800 \mu\text{Strain}$  und  $1\,500 \mu\text{Strain} = 0,08 - 1,5 \%$ ) oder nehmen zu (Verformung  $> 1\,500 \mu\text{Strain} = > 1,5 \%$ ; Modeling). Die Grenze für Mikrofrakturen liegt bei einer Verformung von etwa  $4\,000 \mu\text{Strain}$  ( $= 0,4 \%$ ), die für Makrofrakturen bei einem Verformungsgrad von ca.  $25\,000 \mu\text{Strain}$  ( $= 2,5 \%$ ). Diese biomechanischen Belastungsgrenzen sind genetisch bestimmt, werden aber auch hormonell beeinflusst. So führt z. B. bei prämenopausalen Frauen eine Verformung von ca.  $1000 \mu\text{Strain}$

---

<sup>1</sup> Die Verformung des Knochens wird in  $\mu\text{Strain}$  gemessen;  $1\,000\mu\text{Strain} = 0,1 \%$  Längenänderung



zu einer Zunahme an Knochenmasse und BMD, nicht aber bei postmenopausalen Frauen (Bass et al. 2005, Frost 2004, Roth und Abendroth 2006).

Um eine möglichst hohe knochenanabole Wirkung zu erzielen, steht heute deshalb nicht mehr die Dauer des Sports im Vordergrund, sondern dessen Häufigkeit und Intensität. Somit scheinen kurze, aber intensive Belastungen eine bessere knochenaufbauende Wirkung zu besitzen als lange und wenig intensive. Zur Prophylaxe, aber auch bei einer bereits vorliegenden Osteoporose, eignet sich neben kraftbetonter Gymnastik besonders gezieltes Krafttraining zur Aufrechterhaltung der Knochenmasse. Weniger geeignet sind Lockerungsübungen, Wassergymnastik oder Fahrradfahren (American College of Sports Medicine 2004, Platen 1997). Gleichzeitig zeigt das regelmäßige Durchführen von sportlichen Übungen bei älteren Senioren einen positiven Einfluss auf die Koordination, den Gleichgewichtssinn und die Mobilität, welches das Sturzrisiko minimiert (Madureira et al. 2007, Bergland et al. 2011). Um auch im Alter einen adäquaten Knochenstatus zu besitzen, ist jedoch regelmäßiger, möglichst gewichtsbelastender Sport, z. B. Leichtathletik oder Ballsportarten, ab dem Kindesalter unverzichtbar (American College of Sports Medicine 2004).

Die Literatur zeigt übereinstimmend eine positive Wirkung von körperlicher Aktivität auf QUS-Parameter bzw. den calcanealen Knochenstatus. Adami et al. (2003) konnten beobachten, dass die Frauen, die nie liefen oder Fahrrad fuhren, einen niedrigeren SI aufwiesen als die Probanden, die täglich 30 - 60 min oder über 60 min diese Tätigkeiten ausübten. Yanagimoto et al. (2000) untersuchten den Zusammenhang zwischen der täglichen Schrittzahl und der BUA und beobachteten eine positive Korrelation. Die Autoren kamen anhand ihrer Ergebnisse zu dem Fazit, dass Senioren etwa 5000 Schritte mit einer Geschwindigkeit von 65 m/min gehen sollten, um einen deutlichen Rückgang des Knochenstatus zu vermeiden. Devine et al. (2004) kamen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass Frauen mit einer hohen körperlichen Aktivität ( $> 169$  kcal/d) höhere SOS-, BUA- und SI-Messwerte aufwiesen als Frauen mit geringer ( $< 55$  kcal/d) und mittlerer körperlicher Aktivität (55 - 169 kcal/d).

Babaroutsi et al. (2005b) konnten beobachten, dass die Seniorinnen, die mehr als zwei Stunden organisierten Sport pro Woche trieben, höhere SOS-, BUA- und QUI-Messwerte aufwiesen als Seniorinnen, die weniger als zwei Stunden pro Woche körperlich aktiv waren. Engelke et al. (2006) untersuchten über einen Zeitraum von drei Jahren die Wirkung eines Sportprogramms (Schwerpunkt Kraft- sowie gewichtsbelastende Übungen) bei

postmenopausalen Frauen mit Osteopenie an der LWS oder dem proximalen Femur auf die QUS-Parameter SOS und BUA. Die Frauen wurden eingeteilt in eine Sportgruppe (2-mal Gruppensport, 2-mal Heimtraining pro Woche) und in eine Kontrollgruppe (kein Sportprogramm). Nach 38 Monaten zeigte die Kontrollgruppe eine Abnahme der BUA-Messwerte von -5,4 % und der SOS-Messwerte um -0,9 % im Vergleich zum Ausgangswert. Bei der Sportgruppe zeigten sich dagegen keine Veränderungen, welches auf den positiven Effekt von Sport auf den Erhalt des calcanealen Knochenstatus seit Studienbeginn schließen lässt.

Bei den Männern zeigt sich in der Literatur ebenfalls, bis auf eine Ausnahme, eine positive Wirkung von körperlicher Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus. So beobachteten Adami et al. (2003) im Männerkollektiv hinsichtlich Dauer der sportlichen Aktivität und SI das gleiche Bild wie bei den Frauen.

Pye et al. (2010) beobachteten in ihrem Kollektiv, dass eine hohe *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE)-Punktzahl im Vergleich zu einer niedrigen PASE-Punktzahl mit einem hohen SOS-, BUA- und QUI-Messwert verbunden ist. Zudem zeigten Probanden, die mehr als eine Stunde pro Tag laufen oder Fahrrad fahren, ebenfalls höhere SOS-, BUA- und QUI-Messergebnisse. Babaroutsi et al. (2005a) konnten dagegen keinen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und SOS, BUA und QUI feststellen. Bei näherer Betrachtung zeigten allerdings die Senioren, die regelmäßig Sport zur Förderung ihrer Knochenmasse betrieben, unabhängig davon, ob organisiert in einer Gruppe oder alleine, im Durchschnitt tendenziell höhere QUS-Messwerte als Nichtsportler.

Die von fast allen QUS-Studien beobachtete positive Wirkung der körperlichen Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern wird auch von Studien, die die BMD untersuchten, festgestellt (Bemben und Bemben 2011, Cheung et al. 2005, Engelke et al. 2006, Englund et al. 2005, Marques et al. 2011, Park et al. 2008).

### **3 Methoden**

#### **3.1 Gießener Senioren Langzeitstudie**

Die Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA-Studie), eine prospektive Kohortenstudie, untersucht seit 1994 den Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Gießener Senioren. Um in die Studie aufgenommen zu werden, mussten die Probanden mindestens 60 Jahre alt sein. Zudem sollten die Studienteilnehmer körperlich mobil sein, um selbstständig das Institut zu erreichen zu können und ihren ständigen Wohnsitz in Gießen oder der näheren Umgebung haben. Von 1994 bis 1997 wurden die Untersuchungen jährlich durchgeführt; seit 1998 erfolgen sie in einem Zwei-Jahres-Rhythmus. Der Untersuchungszeitraum liegt zwischen Juli und Oktober.

Im Rahmen der GISELA-Studie werden u. a. regelmäßig Daten zur Anthropometrie und Körperzusammensetzung, zum Energieumsatz und Lebensmittelverzehr und die daraus resultierende Energie- und Nährstoffzufuhr erhoben. Zudem werden verschiedene Parameter zum Ernährungsverhalten und Genussmittelkonsum sowie Erkrankungen, die Medikamenten- und Supplementeneinnahme und soziodemografische Daten erfasst.

Alle Untersuchungen werden im Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Hierzu kommen die Senioren während der Erhebungsperiode von Juli bis Oktober morgens nüchtern zwischen 7 und 11 Uhr in das Institutsgebäude. Im Anschluss daran werden den Studienteilnehmern der Fragebogen und das Ernährungsprotokoll erklärt und gebeten, diese auszufüllen und zurückzusenden.

Vor der Aufnahme in die Studie wurden die Probanden ausführlich über den Hintergrund, die Ziele und den Ablauf der GISELA-Studie informiert, bevor sie sich schriftlich mit der Teilnahme einverstanden erklärten.

Das Forschungsvorhaben wurde von der Ethikkommission am Fachbereich Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen geprüft und ohne Einwände genehmigt.

### 3.2 Probanden

Von den insgesamt 350 Studienteilnehmern im Erhebungsjahr 2004 konnten für die Querschnittsanalyse 128 Personen (36,6 %) nicht berücksichtigt werden.

Ausgeschlossen von dieser Studie wurden Probanden mit fehlenden Daten zur QUS-Messung, zur bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) sowie zum Zusatzfragebogen. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden die Studienteilnehmer mit Erkrankungen bzw. Medikamenteneinnahmen, die den Knochenstatus beeinflussen. Ausgeschlossen wurden Probanden mit Diabetes mellitus Typ 1, chronischer Nierenerkrankung, längerer Bettlägerigkeit sowie Frauen mit einer Amenorrhoe (> 6 Monate) und bei denen beide Eierstöcke (Alter:  $\leq 45$  Jahre) entfernt wurden sowie Probanden mit folgenden Medikamenteneinnahmen: Cortison (> 3 Monate), Hormon-Ersatz-Therapie (> 12 Monate) und Tamoxifen.

Nach Ausschluss der 128 Probanden verblieben im Untersuchungskollektiv insgesamt 222 Studienteilnehmer, davon sind 137 Frauen (61,7 %) und 85 Männer (38,6 %).

In Tab. 3.1 sind die verschiedenen Ausschlusskriterien und die Anzahl der nicht berücksichtigten Studienteilnehmer zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 3.1:** Vom GISELA-Gesamtkollektiv 2004 zum Untersuchungskollektiv

	<b>Frauen<sup>1)</sup></b>	<b>Männer<sup>1)</sup></b>	<b>Gesamt</b>
Gesamtkollektiv 2004	247	103	350
Keine QUS-Messung	1	1	2
Keine BIA-Messung	1	1	2
Kein Zusatzfragebogen	16	5	21
Diabetes mellitus Typ 1	3	-	3
Chronische Nierenerkrankung	7	2	9
Cortison-Einnahme (> 3 Monate)	11	8	19
Bettlägerig (> 1 Monat im Erhebungsjahr)	-	2	2
Amenorrhoe (> 6 Monate)	4	-	4
Entfernung beider Eierstöcke (Alter $\leq 45$ Jahre)	12	-	12
Hormon-Ersatz-Therapie (> 12 Monate)	74	-	74
Einnahme Tamoxifen	2	-	2
Untersuchungskollektiv	137	85	222

<sup>1)</sup> mit Mehrfachnennungen

Für die Auswertung „QUS-Parameter und gynäkologische Parameter“ (s. Kap. 4.2.4, S 69ff) wurden von den 137 Frauen zwölf weitere Frauen ausgeschlossen, da bei diesen die Angaben zum Alter der Menarche bzw. zum Alter der letzten Regelblutung unvollständig waren.

### 3.3 Calcanealer Knochenstatus mittels quantitativem Ultraschall

Für die Bestimmung des Knochenstatus am linken Calcaneus mittels QUS wurde das Gerät Achilles+ Solo der Firma Lunar (Madison, WI) eingesetzt. Die Ultraschallausbreitung im Knochen findet über Quertransmission statt; die Schalleinkopplung erfolgt bei diesem Gerät über ein Wasserbad, in dem sich für eine bessere Schallweiterleitung ein Kontaktmittel befindet. Die Messdurchführung erfolgte genau nach Anweisung des Herstellers (Lunar, Madison, o. J.).

Für die Messung setzten sich die Probanden in einer bequemen, aufrechten Haltung auf einen Stuhl ohne Rollen vor das Gerät. Um genauere Messergebnisse zu erzielen, wurden zum Entfetten und Reinigen des Knöchel- und Fersenbereichs 70 %ige Isopropanylalkoholtupfer (Fa. Braun, Melsungen) verwendet. Danach stellte der Proband seinen Fuß in das Gerät auf die Fußplatte und lehnte seine Wade an eine am Gerät angebrachte Wadenstütze, um das Bein ruhig zu halten. Anschließend wurde von der Mitarbeiterin die Fuß- und Beinposition kontrolliert und bei Bedarf korrigiert. Nun wurde der Fuß mit einem Zehenstift leicht fixiert, damit der Fuß während der Messung ruhig gestellt ist und die Ferse in der richtigen Position bleibt (Abb. 3.1).



**Abb. 3.1:** Seitenansicht und Ansicht von oben des Achilles+ Solo (eigene Darstellung)

Nach dem Starten des Programms füllte sich die Messkammer (Fersenbad) automatisch mit etwa 100 ml konstant warmem Wasser von 37°C. Während der Messdauer von etwa 60 s wurden von dem Gerät simultan, bei einer mittleren Frequenz von 0,5 MHz, die QUS-Parameter SOS, BUA und SI berechnet. Laut Herstellerangaben beträgt die Messgenauigkeit für die SOS  $\pm 4$  m/s, für die BUA  $\pm 2$  dB/MHz und für den SI  $\pm 2$ . Nach der Digitalisierung und Speicherung der Probandendaten entleerte sich das Fersenbad wieder automatisch. Nach jeder Messung wurden die Fußplatte und der Zehenstift desinfiziert und gründlich gereinigt, um eine optimale Hygiene zu gewährleisten.

Die Präzision des QUS-Gerätes wurde an zehn Probanden überprüft, bei denen an 20 aufeinanderfolgenden Tagen jeweils eine Messung durchgeführt wurde. Der Variationskoeffizient für die SOS lag bei 0,5 %, für die BUA bei 2,4 % und für den SI bei 2,3 % (Edelmann-Schäfer 2009).

Der SI wurde von dem Gerät anhand folgender Formel berechnet:

$$SI(\%)^1 = 0,67 \times BUA + 0,28 \times SOS - 420$$

SI = Steifigkeitsindex

BUA = Breitband Ultraschallabschwächung (dB/MHz)

SOS = Ultraschallgeschwindigkeit (Speed of Sound; m/s)

<sup>1)</sup> Prozentangabe im Vergleich zu 20-Jährigen

Die Umrechnung des SI in den T- bzw. Z-Score erfolgte über nachfolgende Formel:

$$T - Score = \frac{(Messwert_{Pr} - Mittelwert_{jung})}{SD_{jung}}$$

Messwert<sub>Pr</sub> = Messwert des Probanden

Mittelwert<sub>jung</sub> = Mittelwert gesunder, geschlechtsgleicher Personen im Alter von  
20 bis 35 Jahren

SD<sub>jung</sub> = Standardabweichung gesunder, geschlechtsgleicher Personen im Alter von  
20 bis 35 Jahren

$$Z - Score = \frac{(Messwert_{Pr} - Mittelwert_{altersgl})}{SD_{altersgl}}$$

Messwert<sub>Pr</sub> = Messwert des Probanden

Mittelwert<sub>altersgl</sub> = Mittelwert alters- und geschlechtsgleicher Personen

SD<sub>altersgl</sub> = Standardabweichung alters- und geschlechtsgleicher Personen

### 3.4 Anthropometrische Parameter

#### Körpermasse, Körpergröße und Body Mass Index

Die Bestimmung der Körpermasse der Probanden erfolgte mit einer geeichten Digitalwaage der Marke Seca (Vogel & Halke, Frankfurt/Main) auf 0,5 kg genau. Hierfür stellten sich die Studienteilnehmer leicht bekleidet und ohne Schuhe auf die Waage. Je nach Schwere der Kleidung wurden anschließend vom Messergebnis noch 0,5 - 1,0 kg subtrahiert.

Die Körpergröße wurde über eine in die Waage integrierte geeichte Teleskopmesslatte mit nach vorne gerichtetem Blick und ohne Schuhe gemessen. Die Größe wurde auf 0,5 cm genau abgelesen.

Die Berechnung des BMI erfolgte anhand der erhobenen Daten über nachfolgende Formel:

$$BMI = \frac{\text{Körpermasse (kg)}}{\text{Körpergröße (m)}^2}$$

#### Taillenumfang, Hüftumfang und Waist-Hip-Ratio

Der Umfang von Taille und Hüfte wurde mit einem Maßband der Firma Bauerfeind AG (Zeulenroda-Triebes; Messbereich: 0 - 150 cm) auf 1 cm genau bestimmt. Die Messung erfolgte am aufrecht stehenden und weitgehend entkleideten Probanden.

Der Taillenumfang wurde an der engsten Stelle zwischen der untersten Rippe und dem Beckenkamm gemessen; der Hüftumfang über der breitesten Stelle des Gesäßes auf Höhe des Trochanter majors.

Aus den Daten zum Taillen- und Hüftumfang wurde die WHR wie folgt berechnet:

$$WHR = \frac{\text{Taillenumfang (cm)}}{\text{Hüftumfang (cm)}}$$

### 3.5 Körperzusammensetzung

Die Bestimmung der fettfreien Masse und der Fettmasse erfolgte mittels BIA mit dem Body Composition Analyser (Akern - RJL BIA 101/S) der Firma Data Input (Darmstadt) bei einer Stromstärke von 800 µA und einer Frequenz von 50 kHz. Das Messintervall von Resistanz und Reaktanz betrug 1 Ω. Die Durchführung der Bestimmung der Körperzusammensetzung mit diesem Gerät ist im dazugehörigen Handbuch beschrieben (Data Input o. J.) und wurden nach den Anwendungsempfehlungen für BIA-Messungen durchgeführt (Kyle et al. 2004, NIH

Technol Assess Statement 1994). Als Elektroden wurden *Bianostic AT*<sup>®</sup> Einmalelektroden der gleichen Firma verwendet.

Für die Messung legten sich die Probanden rücklings und entspannt auf eine Untersuchungsfläche und spreizten Arme und Beine leicht ab. Bei allen Studienteilnehmern wurden die Elektroden an der rechten Hand und am rechten Fuß aufgeklebt. Die richtige Positionierung der beiden stromführenden Elektroden und der beiden Impedanzmesselektroden ist in den Durchführungsempfehlungen ausführlich beschrieben (Kyle et al. 2004, NIH Technol Assess Statement 1994).

Die Berechnung der fettfreien Masse der Studienteilnehmer erfolgte nach der Formel von Roubenoff et al. (1997):

$$FFM = 5,7410 + (0,4551 \times (KG^2 / RE)) + (0,1405 \times KM) + (0,0573 \times Xc) + (6,2467 \times S)$$

FFM = fettfreie Masse (kg)

KG = Körpergröße (cm)

RE = Resistanz ( $\Omega$ )

KM = Körpermasse (kg)

Xc = Reaktanz ( $\Omega$ )

S = Geschlecht (0 = Frauen; 1 = Männer)

Durch Subtraktion der fettfreien Masse von der Körpermasse wurde die Fettmasse der Probanden ermittelt.

### 3.6 Gynäkologische Parameter

Die Daten bezüglich der gynäkologischen Anamnese bei den Probandinnen wurden mittels Zusatzfragebogen erfasst. Dieser ist in der Dissertation von Edelmann-Schäfer ausführlich beschrieben. Gefragt wurde nach dem Alter beim Eintritt der ersten Regelblutung und der letzten Regelblutung. Die Östrogenexpositionszeit berechnet sich aus der Zeit zwischen Menarchealter und Alter der letzten Regelblutung und die postmenopausalen Jahre aus dem Alter der letzten Regelblutung und dem Alter zum Zeitpunkt der Messung des calcanealen Knochenstatus.



### **3.7 Vitamin D- und Alkoholzufuhr**

Die Vitamin D- und Alkoholzufuhr der Probanden wurde mittels eines speziell für die GISELA-Studie validierten 3-Tage-Ernährungsprotokolls (Schätzprotokoll) bestimmt (Lührmann 1999, Lührmann et al. 1999). Die Berechnung der Zufuhrmenge erfolgte über den Bundeslebensmittelschlüssel Version II.3 (Dehne et al. 1999).

### **3.8 Rauchverhalten**

Das Rauchverhalten der Probanden wurde mittels Fragebogen erfasst. Als Nichtraucher werden alle Probanden bezeichnet, die angaben, niemals geraucht zu haben, als Ex-Raucher, die angaben, früher, aber aktuell nicht mehr zu rauchen und als Raucher, die derzeit regelmäßig oder bei besonderen Gelegenheiten rauchen. Für die statistischen Berechnungen wurden die zwei Gruppen Raucher und Nichtraucher gebildet. Ex-Raucher wurden als Raucher klassifiziert, da auch dieser Personenkreis in der Regel über einen sehr langen Zeitraum geraucht hat und Langzeitfolgen des Rauchens ebenso bei Ex-Rauchern zu beobachten sind (Albanes et al. 1987, Jamrozik et al. 2011).

### **3.9 Körperliche Aktivität**

Die Berechnung des körperlichen Aktivitätsindex (aktuelle körperliche Aktivität) wurde in Anlehnung an die WHO (1985) durchgeführt. Die Erfassung der körperlichen Aktivität, wie Haus- und Gartenarbeit oder Sport, erfolgte über einen Fragebogen. Der Energieverbrauch für die ausgeübten Tätigkeiten wurde berechnet, indem die verbrachte Zeit der körperlichen Aktivität multipliziert wird mit dem Ruheenergieumsatz (kJ/min) sowie den Multiplikationsfaktoren für den Grundumsatz. Der Gesamtenergiebedarf berechnet sich aus der Summe der Einzelberechnungen. Der Ruheenergieumsatz wurde bestimmt anhand eines indirekten Kalorimeters (Deltatrac MBM-100; Hoyer, Bremen) unter Verwendung der Formel von Weir (1949). Der körperliche Aktivitätsindex einer Person wird berechnet indem der Gesamtenergieumsatz dividiert wird durch den Ruheenergieumsatz.

Die detaillierte Beschreibung zur Berechnung des körperlichen Aktivitätsindexes ist bei Krems et al. (2004) ersichtlich.

### **3.10 Statistische Kennzahlen und Testverfahren**

Die statistische Auswertung der Untersuchungsdaten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 17.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Die statistischen Kennzahlen und Testverfahren sowie deren graphische Darstellung, die für diese Arbeit angewendet wurden, sind in der Literatur ausführlich beschrieben (Brosius 2008, Bühl 2008, Köhler et al. 2002) und werden deswegen nur kurz dargestellt werden. Die verwendeten Kennzahlen bzw. Testverfahren werden an den entsprechenden Textstellen bzw. Tabellen angegeben.

Das Datenmaterial wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test, korrigiert nach Lilliefors, sowie des Normalverteilungsdiagramms (Q-Q-Diagramm) getrennt nach Frauen und Männern auf Normalverteilung geprüft. Bei normalverteilten Variablen wird als Lagemaß das arithmetische Mittel (Mittelwert; MW) und als Streuungsmaß die Standardabweichung (SD) angegeben und bei nicht-normalverteilten Variablen der Median, da dieser weniger empfindlich reagiert. Um die Verteilung besser zu charakterisieren, wird die 5-95er Perzentile angegeben.

Um zu überprüfen, ob sich die Mittelwerte von zwei normalverteilten unabhängigen Stichproben signifikant voneinander unterscheiden, wurde der t-Test für unabhängige Stichproben (t-Test nach Student) angewendet. Bei den nicht-normalverteilten Variablen wurde mittels nichtparametrischem, das heißt verteilungsfreiem, Verfahren überprüft, ob die Stichproben aus einer Grundgesamtheit stammen. Anhand des Mann-Whitney-Tests (U-Test) wurde überprüft, ob sich die mittleren Ränge von zwei unabhängigen Stichproben signifikant unterscheiden.

Mittels der einfachen Varianzanalyse (einfaktorielle ANOVA) erfolgte der Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben. Lag ein signifikanter Unterschied in der Grundgesamtheit vor, wurde im Anschluss der LSD-Test, aufgrund vorliegender Varianzhomogenität, als Post Hoc Test, durchgeführt, um zu überprüfen, zwischen welchen Fallgruppen sich die Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden.

Im ersten Schritt zur Klärung der Fragestellung wurde mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ; bei normalverteilten Variablen) bzw. Spearman ( $R$ ; bei nicht-normalverteilten Variablen) die Stärke des Zusammenhangs zwischen

den abhängigen Variablen (SOS, BUA und SI) und unabhängigen Variablen (Alter, anthropometrische Parameter, Variablen der Körperzusammensetzung, gynäkologische Parameter, Vitamin D-Zufuhr, Lebensstilfaktoren) gemessen.

Im Anschluss daran wurde eine univariate lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um den Einfluss jeder einzelnen unabhängigen Variable auf die SOS, die BUA und den SI zu ermitteln. In diese Berechnung werden aber nur die unabhängigen Variablen aufgenommen, welche in der Korrelationsanalyse einen signifikanten Zusammenhang mit den abhängigen Variablen SOS, BUA und SI zeigten.

In den Tabellen zur univariaten linearen Regressionsanalyse werden die unabhängigen Variablen nur dann aufgeführt, wenn sie sich als signifikanter Prädiktor des Modells herausstellten. Der Zusammenhang zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen wird graphisch über Streudiagramme dargestellt.

An die univariate lineare Regressionsanalyse schließt sich zur Klärung der Fragestellung als letzte Berechnung die schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse an. Ziel dieser Berechnung ist, unter den unabhängigen Variablen, welche sich als signifikante Prädiktoren in der univariaten linearen Regressionsanalyse erwiesen haben, diejenigen zu ermitteln, welche auf den calcanealen Knochenstatus den bedeutsamsten Einfluss haben.

Um Interaktionen zwischen den anthropometrischen Variablen und den Variablen zur Körperzusammensetzung auszuschließen, wurde in der multiplen linearen Regressionsanalyse mit drei verschiedenen Modellen (Modell 1: BMI; Modell 2: Körpergröße und Körpermasse; Modell 3: fettfreie Masse und Fettmasse) gerechnet.

Zur statistischen Beurteilung wird der standardisierte  $\beta$ -Koeffizient ( $\beta$ ), die Prüfgröße  $t$  ( $t$ ), das Signifikanzniveau ( $p$ ) sowie im erklärenden Text zu den univariaten Regressionsanalysen das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) bzw. zu den multiplen Regressionsanalysen das korrigierte Bestimmtheitsmaß (korrigierte  $r^2$ ) angegeben.

Über den standardisierten  $\beta$ -Koeffizienten wird der Erklärungsgehalt der einzelnen Variablen verglichen, d. h. der standardisierte  $\beta$ -Koeffizient gibt die Wichtigkeit der aufgenommenen unabhängigen Variablen an. Die Prüfgröße  $t$  entstammt dem  $t$ -Test. Das  $r^2$  dient der Bewertung der Güte des Regressionsmodells, das heißt, dieser Wert misst den Anteil der erklärten Streuung an der gesamten Streuung. Für die multiple Regressionsanalyse wird das korrigierte  $r^2$  herangezogen, da mit steigender Anzahl erklärender Variablen das Gesamtmodell unsicherer wird und sich  $r^2$  umso stärker verringert, je mehr erklärende

Variablen in dem Modell enthalten sind. Bei der Berechnung des korrigierten  $r^2$  wird dagegen die Anzahl der bei der Schätzung verwendeten erklärenden Variablen berücksichtigt.

Bei allen verwendeten statistischen Testverfahren wurde die Nullhypothese nur dann zurückgewiesen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,05$  betrug.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Beschreibung der Probanden

#### 4.1.1 Alter

Die Altersspanne der Probanden, die für diese Arbeit berücksichtigt wurden, liegt bei den Frauen zwischen 62 und 92 Jahren und bei den Männern zwischen 62 und 88 Jahren. Das mittlere Alter der beiden Geschlechter unterscheidet sich dabei nicht voneinander (Tab. 4.1).

**Tab. 4.1:** Alter der Probanden (MW  $\pm$  SD)

	<b>Frauen</b> (n = 137)	<b>Männer</b> (n = 85)	<b>p<sup>1)</sup></b>
Alter (J)	74 $\pm$ 6	73 $\pm$ 5	0,459

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

Aus Tab. 4.2 ist die Altersverteilung des Untersuchungskollektivs ersichtlich. Die Einteilung erfolgt in einem Altersabstand von fünf Jahren. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern ist die Altersgruppe der 70- bis 74-Jährigen am stärksten vertreten. Bei beiden Geschlechtern ist über die Hälfte der Probanden zwischen 70 und 79 Jahre alt.

**Tab. 4.2:** Altersverteilung der Probanden

Alter (J)	<b>Frauen</b> (n = 137)		<b>Männer</b> (n = 85)	
	abs.	%	abs.	%
60 - 64	5	3,6	3	3,5
65 - 69	31	22,6	11	12,9
70 - 74	39	28,5	35	41,2
75 - 79	38	27,7	28	32,9
80 - 84	18	13,1	7	8,2
85 - 89	3	2,2	1	1,2
90 - 95	3	2,2	-	-

#### 4.1.2 Anthropometrische Parameter und Körperzusammensetzung

Die anthropometrischen Daten der Probanden sind in Tab. 4.3 dargestellt. Das Frauenkollektiv weist sowohl eine niedrigere Körpermasse als auch eine niedrigere Körpergröße auf als das Männerkollektiv. Das gleiche Ergebnis zeigt sich auch beim Taillenumfang und der WHR. Keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern liegen dagegen beim BMI und dem Hüftumfang vor.

**Tab. 4.3:** Anthropometrische Daten der Probanden (MW  $\pm$  SD)

	<b>Frauen</b> (n = 137)	<b>Männer</b> (n = 85)	<b>p<sup>1)</sup></b>
Körpermasse (kg)	70,5 $\pm$ 11,5	80,7 $\pm$ 10,9	< 0,001
Körpergröße (cm)	161 $\pm$ 6	173 $\pm$ 7	< 0,001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,3 $\pm$ 4,2	26,9 $\pm$ 3,4	0,462
Taillenumfang (cm)	91 $\pm$ 11	101 $\pm$ 9	< 0,001
Hüftumfang (cm)	106 $\pm$ 9	105 $\pm$ 7	0,492
WHR	0,85 $\pm$ 0,05	0,95 $\pm$ 0,05	< 0,001

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

Aus Tab. 4.4 geht die Einteilung der Probanden nach ihrem BMI hervor. Bei den Frauen sind knapp die Hälfte und bei den Männern etwas mehr als die Hälfte nach der WHO-Einteilung (WHO 2000) übergewichtig.

**Tab. 4.4:** Einteilung der Probanden nach BMI (nach WHO 2000)

	<b>Frauen</b> (n = 137)		<b>Männer</b> (n = 85)	
	abs.	%	abs.	%
Untergewicht < 18,5 kg/m <sup>2</sup>	1	0,7	-	-
Normalgewicht 18,5 - 24,9 kg/m <sup>2</sup>	41	29,9	25	29,4
Übergewicht 25,0 - 29,9 kg/m <sup>2</sup>	65	47,4	44	51,8
Adipositas $\geq$ 30 kg/m <sup>2</sup>	30	21,9	16	18,8

Die Körperzusammensetzung des Untersuchungskollektivs ist aus Tab. 4.5 ersichtlich. Während das Männerkollektiv eine absolut höhere fettfreie Masse aufweist, ist bei den Frauen eine absolut höhere Fettmasse nachzuweisen.

**Tab. 4.5:** Körperzusammensetzung der Probanden (MW  $\pm$  SD)

	<b>Frauen</b> (n = 137)	<b>Männer</b> (n = 85)	<b>p<sup>1)</sup></b>
Fettfreie Masse (kg)	39,9 $\pm$ 4,0	55,4 $\pm$ 4,5	< 0,001
Fettmasse (kg)	30,7 $\pm$ 8,2	25,4 $\pm$ 7,3	< 0,001

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

Der prozentuale Anteil der fettfreien Masse, bezogen auf die Körpermasse, ist bei den Männern im Vergleich zu den Frauen höher. Bei der Fettmasse zeigt sich dagegen ein umgekehrtes Bild (Tab. 4.6).

**Tab. 4.6:** Prozentualer Anteil der fettfreien Masse, und der Fettmasse an der Körpermasse

	<b>Frauen</b> (n = 137)	<b>Männer</b> (n = 85)	<b>p<sup>1)</sup></b>
fettfreie Masse	57,2 $\pm$ 5,3	69,2 $\pm$ 5,1	< 0,001
Fettmasse	42,8 $\pm$ 5,3	30,8 $\pm$ 5,1	< 0,001

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

### 4.1.3 Gynäkologische Parameter

In Tab. 4.7 sind die gynäkologischen Parameter des Frauenkollektivs dargestellt. Die erste Regelblutung erfolgte bei den Probandinnen im Alter zwischen 10 und 25 Jahren und die letzte Regelblutung zwischen 28 und 60 Jahren. Die Östrogenexpositionszeit-Spannweite beträgt 30 Jahre (min.: 16 Jahre, max.: 46 Jahre). Der Eintritt der Menopause liegt bei den Probandinnen des Kollektivs zwischen 8 und 56 Jahre zurück.

**Tab. 4.7:** Gynäkologische Parameter des Frauenkollektivs (n = 125)

	MW ± SD
Alter der Menarche (Jahre)	14 ± 2
Alter der letzten Regelblutung (Jahre)	49 ± 6
Östrogenexpositionszeit (Jahre)	35 ± 6
Postmenopausale Jahre	25 ± 8

#### 4.1.4 Vitamin D-Zufuhr

Aus Tab. 4.8 geht die Vitamin D-Zufuhr des GISELA-Kollektivs hervor. Dabei unterscheidet sich die Vitamin D-Zufuhr nicht zwischen Männern und Frauen.

**Tab. 4.8:** Tägliche Vitamin D-Zufuhr der Probanden (Median, 5 - 95er Perzentile)

	<b>Frauen</b> (n = 129) <sup>2)</sup>	<b>Männer</b> (n = 82) <sup>2)</sup>	<b>p<sup>1)</sup></b>
Vitamin D-Zufuhr (µg)	2,75 0,40 - 10,18	2,74 0,50 - 11,98	0,825

<sup>1)</sup> mittels Mann-Whitney-Test (U-Test)

<sup>2)</sup> Bei acht Frauen und drei Männern konnte wegen fehlendem Ernährungsprotokoll die Vitamin D-Zufuhr nicht berechnet werden.

#### 4.1.5 Alkoholzufuhr

Wie aus Tab. 4.9 ersichtlich ist, weisen die Männer der GISELA-Studie eine höhere Alkoholzufuhr auf als das Frauenkollektiv.

**Tab. 4.9:** Tägliche Alkoholzufuhr der Probanden (Median, 5 - 95er Perzentile)

	<b>Frauen</b> (n = 129) <sup>2)</sup>	<b>Männer</b> (n = 82) <sup>2)</sup>	<b>p<sup>1)</sup></b>
Alkoholzufuhr (g)	0,41 0,00 - 22,3	8,01 0,00 - 34,7	< 0,000

<sup>1)</sup> mittels Mann-Whitney-Test (U-Test)

<sup>2)</sup> Bei acht Frauen und drei Männern konnte wegen fehlendem Ernährungsprotokoll die Alkoholzufuhr nicht berechnet werden.



#### 4.1.6 Rauchverhalten

Das Rauchverhalten des GISELA-Untersuchungskollektivs geht aus Tab. 4.10 hervor. Bei den Nichtrauchern weisen die Frauen den höchsten Anteil auf, wogegen in den Kategorien „Ex-Raucher“ und „Raucher“ mehr Männer vorzufinden sind.

**Tab. 4.10:** Rauchverhalten der Probanden

	<b>Frauen</b> (n = 133 <sup>1)</sup> )		<b>Männer</b> (n = 85)	
	abs.	%	abs.	%
Nichtraucher	99	74,4	27	31,8
Ex-Raucher	29	21,8	50	58,8
Raucher <sup>2)</sup>	5	3,8	8	9,4

<sup>1)</sup> vier Seniorinnen machten keine Angaben

<sup>2)</sup> einschließlich Gelegenheitsraucher

#### 4.1.7 Körperlicher Aktivitätsindex

Der körperliche Aktivitätsindex der Probanden ist in Tab. 4.11 dargestellt. Dabei unterscheidet sich der Index nicht zwischen den Geschlechtern.

**Tab. 4.11:** Körperlicher Aktivitätsindex der Probanden (MW  $\pm$  SD)

	<b>Frauen<sup>2)</sup></b> (n = 125)	<b>Männer<sup>2)</sup></b> (n = 83)	p <sup>1)</sup>
Körperlicher Aktivitätsindex	1,67 $\pm$ 0,16	1,66 $\pm$ 0,15	0,440

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

<sup>2)</sup> Bei zwölf Frauen und zwei Männern konnte der körperliche Aktivitätsindex wegen fehlender Angaben nicht berechnet werden.

#### 4.1.8 QUS-Parameter und Geschlecht

Aus Tab. 4.12 gehen die mittleren Messergebnisse der QUS-Parameter SOS, BUA und SI sowie des T- und Z-Scores für Frauen und Männern hervor. Das Frauenkollektiv weist dabei niedrigere SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse auf als das Männerkollektiv. Das gleiche Ergebnis ist auch beim T-Score zu erkennen, während beim Z-Score keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern zu beobachten ist.

**Tab. 4.12:** QUS-Parameter der Probanden (MW  $\pm$  SD)

	<b>Frauen</b> (n = 137)	<b>Männer</b> (n = 85)	<b>p<sup>1)</sup></b>
SOS (m/s)	1513 $\pm$ 31	1540 $\pm$ 27	< 0,001
BUA (dB/MHz)	109 $\pm$ 14	125 $\pm$ 10	< 0,001
SI (%)	76 $\pm$ 17	94 $\pm$ 13	< 0,001
T-Score	-1,82 $\pm$ 1,32	-0,44 $\pm$ 1,00	< 0,001
Z-Score	0,46 $\pm$ 1,23	0,61 $\pm$ 1,00	0,345

<sup>1)</sup> mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

Aufgrund der beobachteten Unterschiede zwischen den Geschlechtern werden alle weiteren Untersuchungen in dieser Arbeit getrennt nach Frauen und Männern durchgeführt.

## 4.2 Zusammenhang und Einfluss der Untersuchungsparameter auf den Knochenstatus

### 4.2.1 QUS-Parameter und Alter

Das Alter korreliert im Frauenkollektiv negativ mit SOS, BUA und SI. Bei den Männern ist kein Zusammenhang zwischen den drei QUS-Parametern und dem Alter zu erkennen (Tab. 4.13).

**Tab. 4.13:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem Alter und den QUS-Parametern

	<b>Frauen (n = 137)</b>		<b>Männer (n = 85)</b>	
	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
SOS (m/s)	-0,47	< 0,001	-0,20	0,070
BUA (dB/MHz)	-0,38	< 0,001	-0,14	0,206
SI (%)	-0,44	< 0,001	-0,18	0,099

In Tab. 4.14 sind die Probanden anhand ihres Alters in Tertile aufgeteilt und die Mittelwerte der QUS-Parameter für die jeweiligen Gruppen dargestellt. Während im Frauenkollektiv SOS, BUA und SI mit zunehmendem Alter abnehmen, ist dies im Männerkollektiv nur bei der SOS zu beobachten. Der altersentsprechende Abfall im Frauenkollektiv liegt für die SOS bei 2,41 %, für die BUA bei 10,43 % und für den SI bei 18,00 %, im Männerkollektiv bei 0,78 % (SOS), 2,38 % (BUA) und 2,00 % (SI).

**Tab. 4.14:** QUS-Parameter nach Alter (MW  $\pm$  SD)

<b>Frauen</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>&lt; 71 (n = 46)</b>	<b>71 - 76 (n = 49)</b>	<b>&gt; 76 (n = 42)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1533 $\pm$ 32	1510 $\pm$ 24	1496 $\pm$ 28	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	115 $\pm$ 14	108 $\pm$ 12	103 $\pm$ 13	< 0,001
	SI (%)	86 $\pm$ 18	75 $\pm$ 14	68 $\pm$ 16	< 0,001
<b>Männer</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>&lt; 71 (n = 22)</b>	<b>71 - 75 (n = 34)</b>	<b>&gt; 75 (n = 29)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1541 $\pm$ 27	1549 $\pm$ 26	1529 $\pm$ 26	0,018
	BUA (dB/MHz)	126 $\pm$ 9	125 $\pm$ 10	123 $\pm$ 11	0,579
	SI (%)	96 $\pm$ 14	97 $\pm$ 13	91 $\pm$ 13	0,162

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

Aus dem Post Hoc Test geht hervor, dass die unter 71-jährigen Frauen im Vergleich zu den 71- bis 76- bzw. den über 76-jährigen Frauen einen höheren SOS-, BUA- und SI-Messwert aufweisen. Zudem zeigen die 71- bis 76-Jährigen im Vergleich zu den über 76-Jährigen höhere SOS- und SI-Messergebnisse auf. Bei den Männern ist dies nur bei der SOS in der Gruppe der 71 bis 75-Jährigen im Vergleich zu den über 75-Jährigen zu beobachten. In allen anderen Altersvergleichsgruppen sind keine Unterschiede nachzuweisen (Tab. 4.15).

**Tab. 4.15:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Alter

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 71 vs. 71 - 76	< 0,001
		< 71 vs. > 76	< 0,001
		71 - 76 vs. > 76	0,025
	BUA (dB/MHz)	< 71 vs. 71 - 76	0,007
		< 71 vs. > 76	< 0,001
		71 - 76 vs. > 76	0,082
	SI (%)	< 71 vs. 71 - 76	< 0,001
		< 71 vs. > 76	< 0,001
		71 - 76 vs. > 76	0,039
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 71 vs. 71 - 75	0,293
		< 71 vs. > 75	0,121
		71 - 75 vs. > 75	0,005
	BUA (dB/MHz)	< 71 vs. 71 - 75	0,528
		< 71 vs. > 75	0,297
		71 - 75 vs. > 75	0,628
	SI (%)	< 71 vs. 71 - 75	0,774
		< 71 vs. > 75	0,173
		71 - 75 vs. > 75	0,068

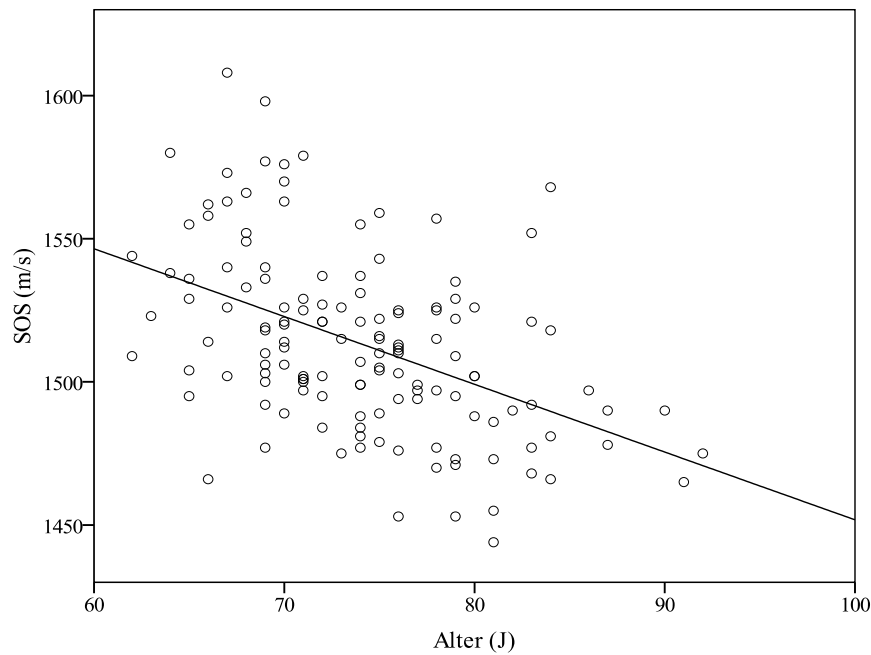
<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

Das Alter stellt bei der univariaten linearen Regressionsanalyse im Frauenkollektiv einen Prädiktor von SOS, BUA und SI dar (Tab. 4.16). Den größten Einfluss zeigt das Alter dabei auf die SOS, während der Einfluss auf die BUA am geringsten ist. Insgesamt können 22 % der Variationen der SOS auf das Alter zurückgeführt werden, bei der BUA sind es 14 % und dem SI 19 %. Bei den Männern ist das Alter kein Prädiktor der drei QUS-Parameter.

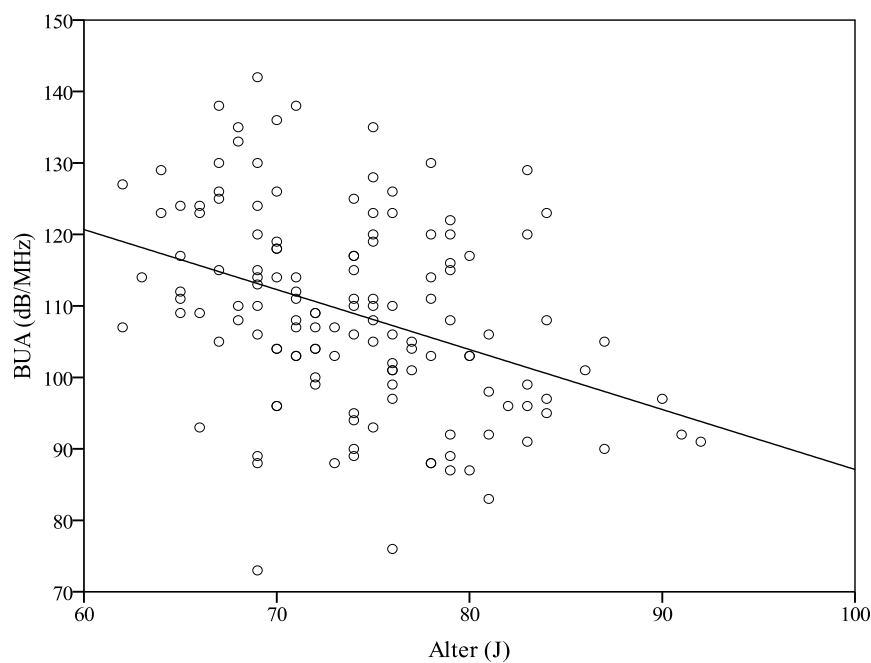
**Tab. 4.16:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des Alters auf die QUS-Parameter

<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante		58,73	< 0,001
		Alter	-0,466	-6,12	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante		13,00	< 0,001
		Alter	-0,378	-4,74	< 0,001
	SI (%)	Konstante		10,44	< 0,001
		Alter	-0,439	-5,67	< 0,001

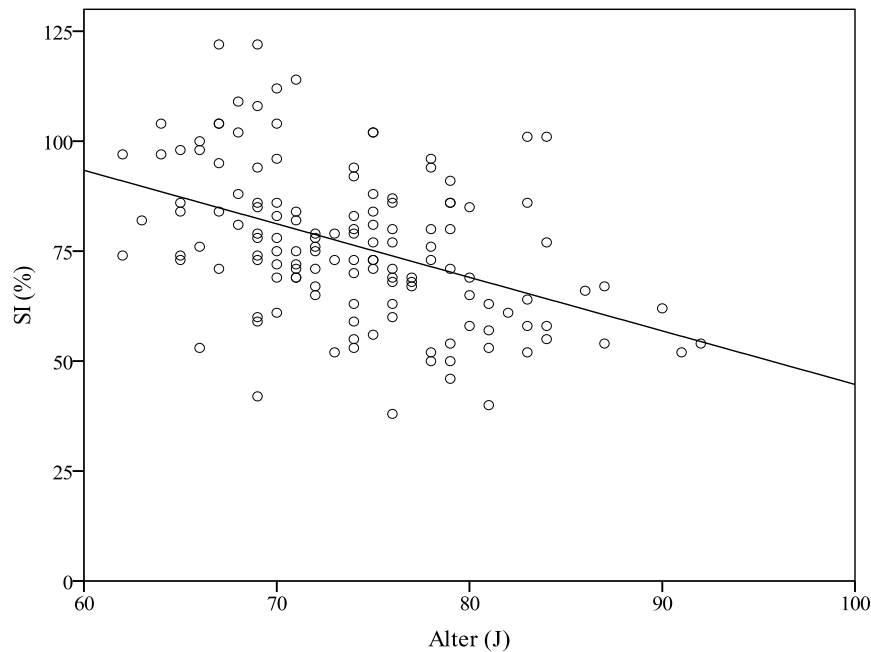
Die Abb. 4.1 bis Abb. 4.3 zeigen graphisch den Zusammenhang zwischen SOS, BUA und SI und dem Alter im Frauenkollektiv.



**Abb. 4.1:** Zusammenhang zwischen SOS und Alter im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.2:** Zusammenhang zwischen BUA und Alter im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.3:** Zusammenhang zwischen SI und Alter im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)

## 4.2.2 QUS-Parameter und anthropometrische Parameter

### 4.2.2.1 Körpergröße

In Tab. 4.17 sind die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern dargestellt. Die Körpergröße korreliert bei den Frauen positiv mit der BUA und dem SI, nicht aber mit der SOS. Im Männerkollektiv ist kein Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den drei QUS-Parametern zu beobachten.

**Tab. 4.17:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Körpergröße und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 137)		Männer (n = 85)	
	r	p	r	p
SOS (m/s)	0,13	0,135	-0,13	0,250
BUA (dB/MHz)	0,29	< 0,001	-0,07	0,525
SI (%)	0,22	0,010	-0,11	0,324

Aus Tab. 4.18 gehen die mittleren SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse bezogen auf die Körpergröße der Probanden hervor. Die Einteilung der Körpergröße erfolgt in Tertile. In der Gruppe der Frauen ist festzustellen, dass BUA und SI mit zunehmender Körpergröße ansteigen, während dies bei der SOS nicht nachgewiesen werden kann. Bei den Männern sind keine Veränderungen der QUS-Messwerte hinsichtlich der Körpergröße zu beobachten.

**Tab. 4.18:** QUS-Parameter nach Körpergröße (MW  $\pm$  SD)

<b>Frauen</b>	<b>Körpergröße (cm)</b>	<b>&lt; 158,0 (n = 47)</b>	<b>158,0 - 164,0 (n = 48)</b>	<b>&gt; 164,0 (n = 42)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1509 $\pm$ 30	1511 $\pm$ 33	1520 $\pm$ 31	0,246
	BUA (dB/MHz)	104 $\pm$ 12	109 $\pm$ 14	114 $\pm$ 13	0,006
	SI (%)	72 $\pm$ 16	76 $\pm$ 18	81 $\pm$ 17	0,043
<b>Männer</b>	<b>Körpergröße (cm)</b>	<b>&lt; 171,0 (n = 29)</b>	<b>171,0 - 176,5 (n = 28)</b>	<b>&gt; 176,5 (n = 28)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1544 $\pm$ 25	1542 $\pm$ 27	1534 $\pm$ 29	0,337
	BUA (dB/MHz)	127 $\pm$ 10	124 $\pm$ 10	123 $\pm$ 10	0,343
	SI (%)	97 $\pm$ 12	95 $\pm$ 13	94 $\pm$ 13	0,288

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

Die Post Hoc Ergebnisse (Tab. 4.19) zeigen, dass Frauen mit einer Körpergröße unter 158 cm einen niedrigeren BUA- und SI-Messwert aufweisen als Frauen mit einer Körpergröße über 164 cm. In allen anderen Vergleichsgruppen sind keine Unterschiede zu beobachten.

**Tab. 4.19:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Körpergröße

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>Körpergröße (cm)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 158,0 vs. 158,0 - 164,0	0,785
		< 158,0 vs. > 164,0	0,116
		158,0 - 164,0 vs. > 164,0	0,187
	BUA (dB/MHz)	< 158,0 vs. 158,0 - 164,0	0,084
		< 158,0 vs. > 164,0	0,001
		158,0 - 164,0 vs. > 164,0	0,111
	SI (%)	< 158,0 vs. 158,0 - 164,0	0,307
		< 158,0 vs. > 164,0	0,013
		158,0 - 164,0 vs. > 164,0	0,124
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 171,0 vs. 171,0 - 176,5	0,802
		< 171,0 vs. > 176,5	0,166
		171,0 - 176,5 vs. > 176,5	0,259
	BUA (dB/MHz)	< 171,0 vs. 171,0 - 176,5	0,381
		< 171,0 vs. > 176,5	0,148
		171,0 - 176,5 vs. > 176,5	0,567
	SI (%)	< 171,0 vs. 171,0 - 176,5	0,559
		< 171,0 vs. > 176,5	0,119
		171,0 - 176,5 vs. > 176,5	0,330

<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

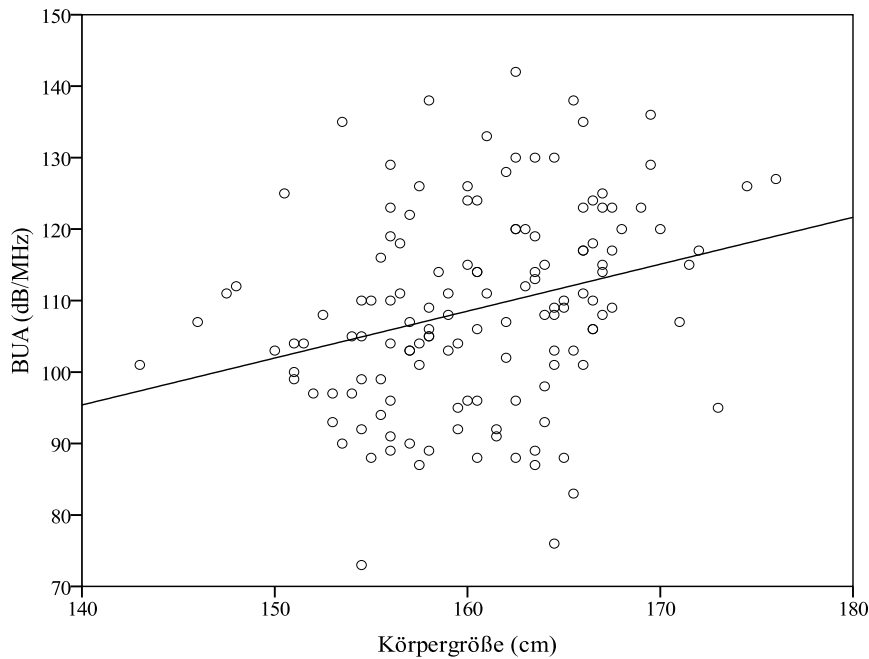
Mittels der univariaten linearen Regressionsanalyse wird der Einfluss der Körpergröße auf die SOS, die BUA und den SI genauer untersucht (Tab. 4.20). Dabei zeigt die Körpergröße bei den Frauen einen Einfluss auf BUA und SI, wobei der Effekt auf die BUA am größten ist. 8 % der Variationen der BUA und 5 % des SI können auf die Körpergröße zurückgeführt werden. Die Körpergröße stellt im Frauenkollektiv bei der SOS sowie bei allen drei QUS-Parametern im Männerkollektiv keinen Einflussfaktor dar.

**Tab. 4.20:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der Körpergröße auf die QUS-Parameter

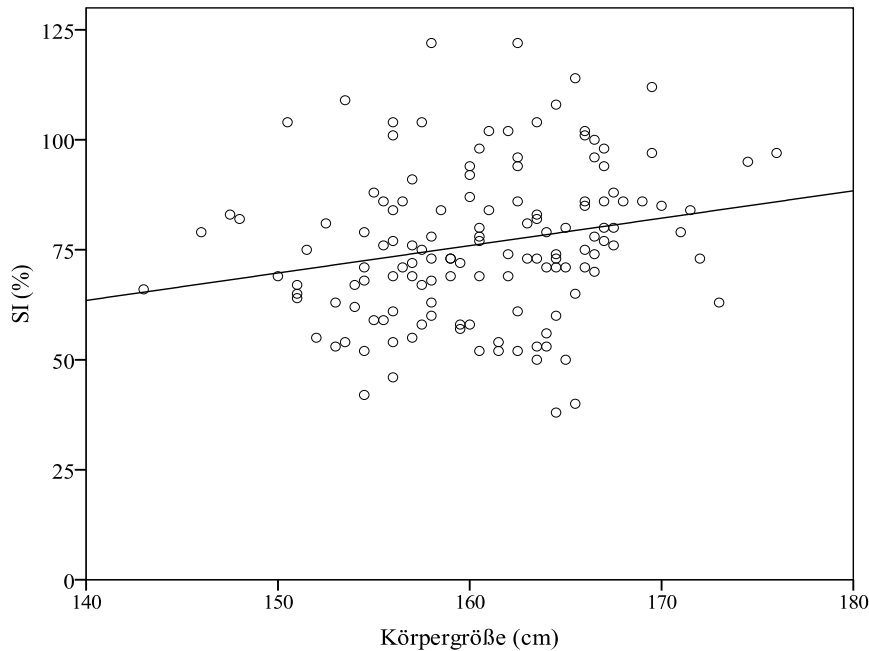
<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b>β</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	BUA (dB/MHz)	Konstante Körpergröße	0,287	0,12 3,48	0,908 < 0,001
	SI (%)	Konstante Körpergröße	0,218	-0,62 2,60	0,539 0,010



Der graphische Zusammenhang zwischen BUA und Körpergröße bzw. SI und Körpergröße geht aus den Abb. 4.4 und Abb. 4.5 hervor.



**Abb. 4.4:** Zusammenhang zwischen BUA und Körpergröße im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.5:** Zusammenhang zwischen Körpergröße und SI im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)

#### 4.2.2.2 Körpermasse

Bei beiden Geschlechtern korreliert die Körpermasse, mit Ausnahme der SOS im Männerkollektiv, positiv mit den QUS-Parametern (Tab. 4.21).

**Tab. 4.21:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Körpermasse und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 137)		Männer (n = 85)	
	r	p	r	p
SOS (m/s)	0,33	< 0,001	0,13	0,239
BUA (dB/MHz)	0,43	< 0,001	0,29	0,008
SI (%)	0,40	< 0,001	0,22	0,042

Die Studienteilnehmer wurden in Tab. 4.22, bezogen auf ihre Körpermasse, in drei Gruppen aufgeteilt und die mittleren Messergebnisse der QUS-Parameter ermittelt. Im Frauenkollektiv zeigt sich, dass die Messergebnisse aller drei QUS-Parameter mit zunehmender Körpermasse ansteigen. Bei den Männern ist das gleiche Ergebnis bei der BUA zu beobachten. Keine deutlichen Veränderungen zeigen dagegen die SOS- und SI-Messwerte.

**Tab. 4.22:** QUS-Parameter nach Körpermasse (MW  $\pm$  SD)

Frauen	Körpermasse (kg)	< 66,5 (n = 49)	66,5 - 75,5 (n = 43)	> 75,5 (n = 45)	p <sup>1)</sup>
	SOS (m/s)	1498 $\pm$ 23	1521 $\pm$ 31	1523 $\pm$ 34	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	101 $\pm$ 10	112 $\pm$ 14	115 $\pm$ 14	< 0,001
	SI (%)	67 $\pm$ 12	80 $\pm$ 17	83 $\pm$ 18	< 0,001
Männer	Körpermasse (kg)	< 74,5 (n = 29)	74,5 - 84,0 (n = 28)	> 84,0 (n = 28)	p <sup>1)</sup>
	SOS (m/s)	1534 $\pm$ 31	1545 $\pm$ 25	1542 $\pm$ 26	0,309
	BUA (dB/MHz)	121 $\pm$ 11	125 $\pm$ 10	128 $\pm$ 9	0,038
	SI (%)	90 $\pm$ 15	96 $\pm$ 11	97 $\pm$ 12	0,110

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

In Tab. 4.23 sind die Ergebnisse des Post Hoc Tests dargestellt. Frauen mit einer Körpermasse unter 66,5 kg weisen einen niedrigeren SOS-, BUA- und SI-Messwert auf im Vergleich zu der Gruppe von Frauen mit einer Körpermasse zwischen 66,5 und 75,5 kg bzw.

über 75,5 kg. Ebenfalls niedriger ist der BUA-Messwert bei den Männern in der Gruppe mit einer Körpermasse unter 74,5 kg im Vergleich zu denjenigen mit einer Körpermasse über 84,0 kg. Keine Unterschiede sind in den restlichen Vergleichsgruppen nachzuweisen.

**Tab. 4.23:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Körpermasse

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>Körpermasse (kg)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 66,5 vs. 66,5 - 75,5	< 0,001
		< 66,5 vs. > 75,5	< 0,001
		66,5 - 75,5 vs. > 75,5	0,806
	BUA (dB/MHz)	< 66,5 vs. 66,5 - 75,5	< 0,001
		< 66,5 vs. > 75,5	< 0,001
		66,5 - 75,5 vs. > 75,5	0,272
	SI (%)	< 66,5 vs. 66,5 - 75,5	< 0,001
		< 66,5 vs. > 75,5	< 0,001
		66,5 - 75,5 vs. > 75,5	0,471
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 74,5 vs. 74,5 - 84,0	0,142
		< 74,5 vs. > 84,0	0,275
		74,5 - 84,0 vs. > 84,0	0,703
	BUA (dB/MHz)	< 74,5 vs. 74,5 - 84,0	0,115
		< 74,5 vs. > 84,0	0,012
		74,5 - 84,0 vs. > 84,0	0,333
	SI (%)	< 74,5 vs. 74,5 - 84,0	0,095
		< 74,5 vs. > 84,0	0,053
		74,5 - 84,0 vs. > 84,0	0,787

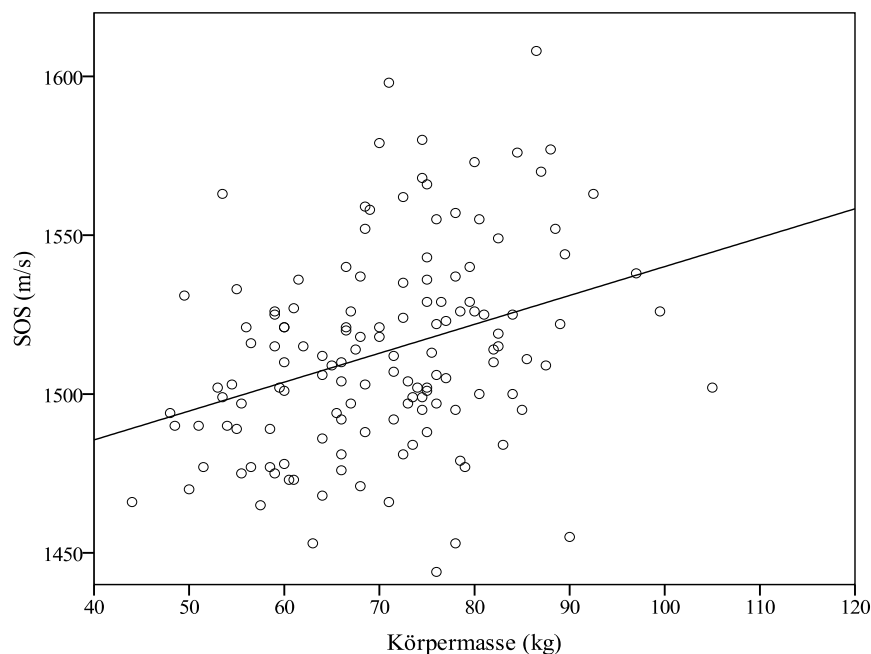
<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

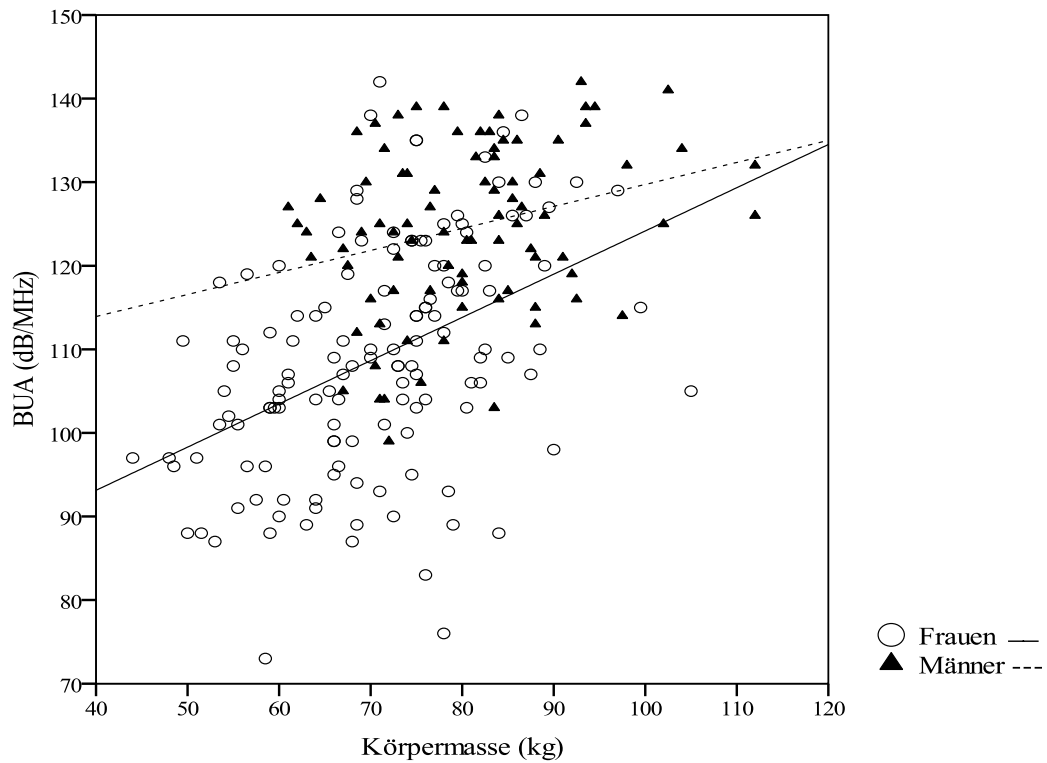
In Tab. 4.24 sind die Ergebnisse der univariaten linearen Regressionsanalyse bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Körpermasse und den QUS-Parametern dargestellt. Bei den Frauen erweist sich die Körpermasse als ein Einflussfaktor auf alle drei QUS-Parameter, wobei der größte Einfluss auf die BUA und der geringste auf die SOS erkennbar ist. Im Männerkollektiv zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Körpermasse stellt einen Prädiktor von BUA und SI dar, nicht aber von SOS. Den größten Einfluss zeigt die Körpermasse auch hier auf die BUA. Von den Variationen der SOS können bei den Frauen 11 % auf das Körpergewicht zurückgeführt werden, bei der BUA sind es 19 % und beim SI 16 %. Im Männerkollektiv erklärt die Körpermasse 8 % der Varianzen der BUA und 5 % des SI.

**Tab. 4.24:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der Körpermasse auf die QUS-Parameter

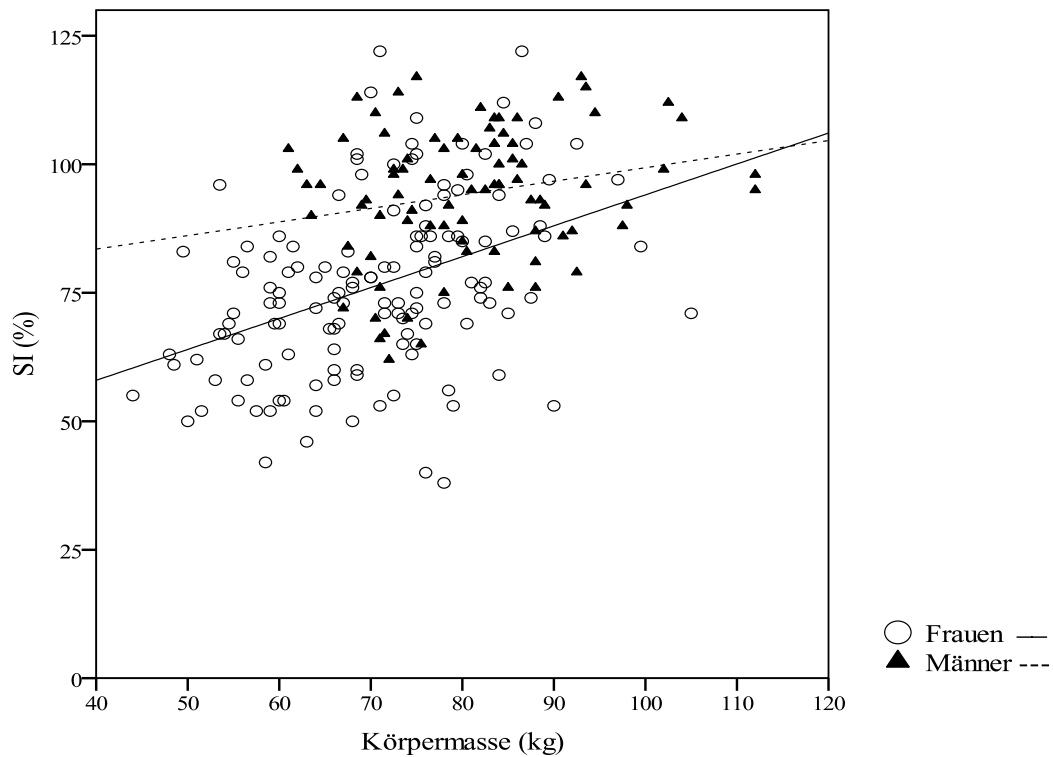
<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante	0,333	91,48	< 0,001
		Körpermasse		4,10	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante	0,433	10,94	< 0,001
		Körpermasse		5,58	< 0,001
	SI (%)	Konstante	0,403	4,04	< 0,001
		Körpermasse		5,12	< 0,001
<b>Männer</b>	BUA (dB/MHz)	Konstante	0,286	13,11	< 0,001
		Körpermasse		2,72	0,008
	SI (%)	Konstante	0,221	7,00	< 0,001
		Körpermasse		2,07	0,042

In Abb. 4.6 ist der Zusammenhang zwischen SOS und Körpermasse im Frauenkollektiv graphisch dargestellt und in Abb. 4.7 und Abb. 4.8 der Zusammenhang zwischen BUA bzw. SI und Körpermasse sowohl im Frauen als auch im Männerkollektiv.

**Abb. 4.6:** Zusammenhang zwischen SOS und Körpermasse im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.7:** Zusammenhang zwischen BUA und Körpermasse im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)



**Abb. 4.8:** Zusammenhang zwischen SI und Körpermasse im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)

#### 4.2.2.3 Body Mass Index

Aus Tab. 4.25 gehen die Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem BMI und den QUS-Parametern hervor. Im Frauenkollektiv besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem BMI und der SOS, der BUA und dem SI. Auch bei den Männern korreliert der BMI positiv mit der BUA und dem SI, aber nicht mit der SOS.

**Tab. 4.25:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem BMI und den QUS-Parametern

	<b>Frauen (n = 137)</b>		<b>Männer (n = 85)</b>	
	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
SOS (m/s)	0,30	< 0,001	0,19	0,075
BUA (dB/MHz)	0,32	< 0,001	0,33	0,002
SI (%)	0,33	< 0,001	0,28	0,009

In Tab. 4.26 sind die mittleren QUS-Messergebnisse dargestellt, nachdem die Probanden anhand ihres BMI in Tertile eingeteilt wurden. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern, mit Ausnahme der SOS, steigen die QUS-Messwerte mit dem BMI an.

**Tab. 4.26:** QUS-Parameter nach BMI (MW  $\pm$  SD)

<b>Frauen</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>&lt; 25,4 (n = 46)</b>	<b>25,4 - 28,9 (n = 46)</b>	<b>&gt; 28,9 (n = 45)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1502 $\pm$ 24	1515 $\pm$ 32	1524 $\pm$ 34	0,003
	BUA (dB/MHz)	103 $\pm$ 11	111 $\pm$ 15	114 $\pm$ 13	< 0,001
	SI (%)	69 $\pm$ 13	78 $\pm$ 18	82 $\pm$ 18	< 0,001
<b>Männer</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>&lt; 25,2 (n = 29)</b>	<b>25,2 - 28,2 (n = 28)</b>	<b>&gt; 28,2 (n = 28)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1531 $\pm$ 30	1548 $\pm$ 27	1541 $\pm$ 23	0,072
	BUA (dB/MHz)	121 $\pm$ 9	127 $\pm$ 11	127 $\pm$ 9	0,030
	SI (%)	89 $\pm$ 14	98 $\pm$ 14	96 $\pm$ 10	0,029

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

Anhand des Post Hoc Tests zeigt sich, dass die Frauen mit einem BMI unter 25,4 kg/m<sup>2</sup> niedrigere QUS-Messergebnisse haben als Frauen mit einem BMI zwischen 25,4 und 28,9 kg/m<sup>2</sup>. Das gleiche Ergebnis ist auch im Vergleich zu der Gruppe mit einem BMI über 28,9 kg/m<sup>2</sup> zu erkennen. Im Männerkollektiv sind bis auf eine Ausnahme die gleichen Ergebnisse zu beobachten. Auch hier zeigt die Gruppe mit einem BMI unter 25,2 kg/m<sup>2</sup> niedrigere SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse im Vergleich zu den Männern mit einem BMI zwischen 25,2 und 28,2 kg/m<sup>2</sup>. Außer bei der SOS ist dieses auch im Vergleich zu der Männergruppe mit einem BMI über 28,8 kg/m<sup>2</sup> festzustellen. In den anderen BMI-Vergleichsgruppen sind keine Unterschiede nachzuweisen (Tab. 4.27).

**Tab. 4.27:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach BMI

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 25,4 vs. 25,4 - 28,9	0,043
		< 25,4 vs. > 28,9	< 0,001
		25,4 - 28,9 vs. > 28,9	0,150
	BUA (dB/MHz)	< 25,4 vs. 25,4 - 28,9	0,004
		< 25,4 vs. > 28,9	< 0,001
		25,4 - 28,9 vs. > 28,9	0,302
	SI (%)	< 25,4 vs. 25,4 - 28,9	0,010
		< 25,4 vs. > 28,9	< 0,001
		25,4 - 28,9 vs. > 28,9	0,187
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 25,2 vs. 25,2 - 28,2	0,023
		< 25,3 vs. > 28,8	0,162
		25,2 - 28,2 vs. > 28,8	0,377
	BUA (dB/MHz)	< 25,2 vs. 25,2 - 28,2	0,019
		< 25,3 vs. > 28,8	0,025
		25,2 - 28,2 vs. > 28,8	0,923
	SI (%)	< 25,2 vs. 25,2 - 28,2	0,011
		< 25,3 vs. > 28,8	0,050
		25,2 - 28,2 vs. > 28,8	0,554

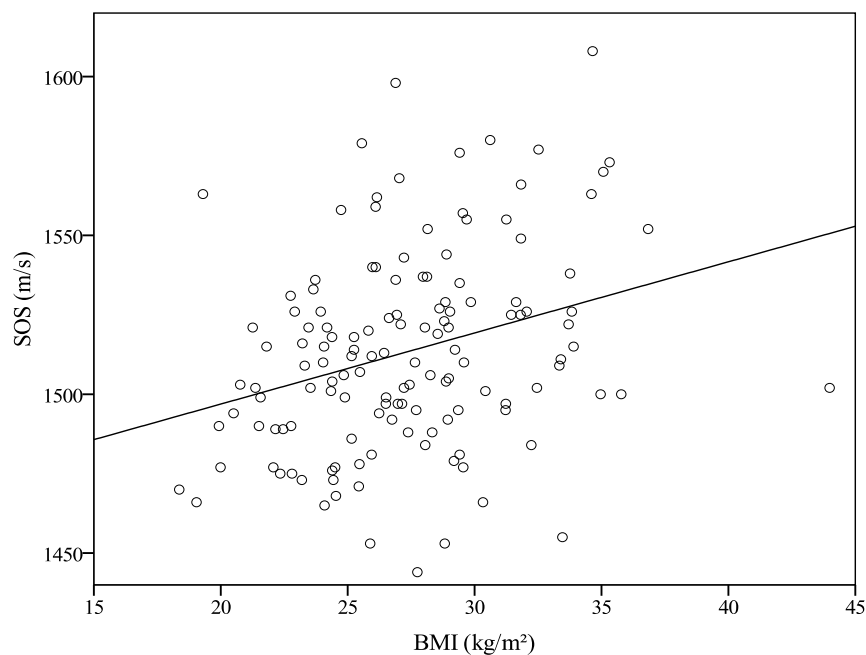
<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

Der BMI erweist sich bei den Frauen und den Männern als ein Prädiktor der BUA und des SI sowie im Frauenkollektiv zusätzlich von der SOS (Tab. 4.28). Bei den Frauen zeigt der BMI den größten Einfluss auf den SI, bei den Männern dagegen auf die BUA. Im Frauenkollektiv können 9 % der Variabilität der SOS auf den BMI zurückgeführt werden, bei der BUA sind es 10 % und 11 % beim SI. Bei den Männern erklärt der BMI 11 % der Varianzen der BUA und 8 % des SI.

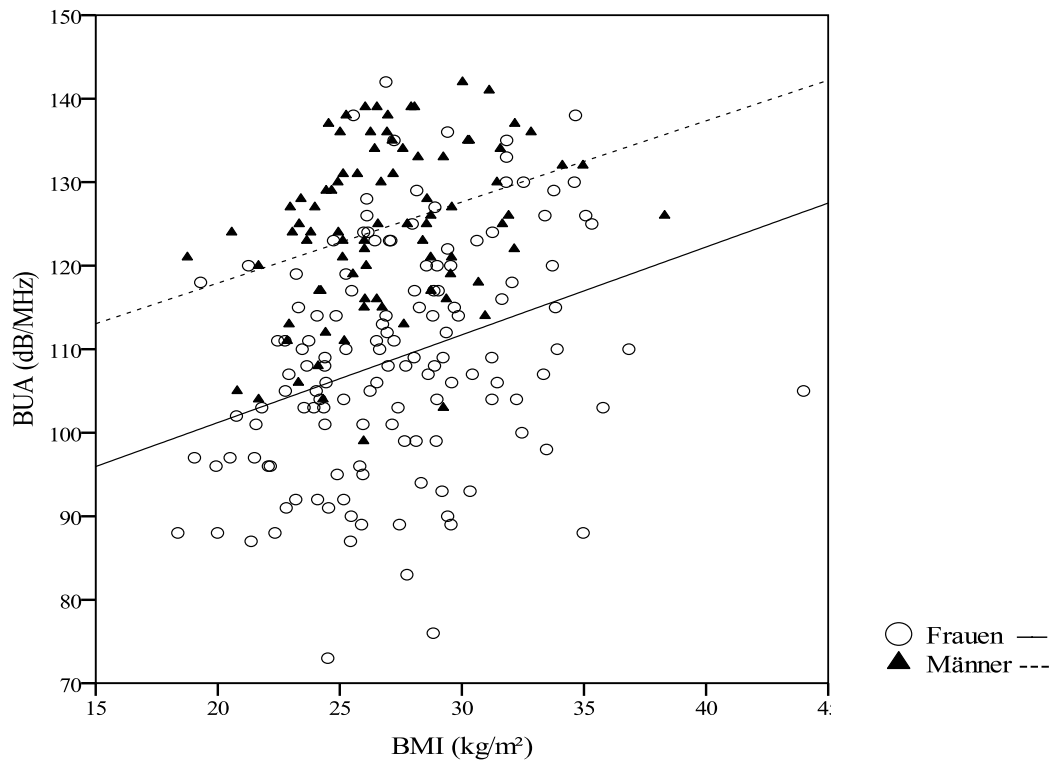
**Tab. 4.28:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des BMI auf die QUS-Parameter

<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante	0,300	85,56	< 0,001
		BMI		3,65	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante	0,322	10,89	< 0,001
		BMI		3,95	< 0,001
	SI (%)	Konstante	0,327	4,34	< 0,001
		BMI		4,03	< 0,001
<b>Männer</b>	BUA (dB/MHz)	Konstante	0,333	11,99	< 0,001
		BMI		3,21	0,002
	SI (%)	Konstante	0,282	6,04	< 0,001
		BMI		2,68	0,009

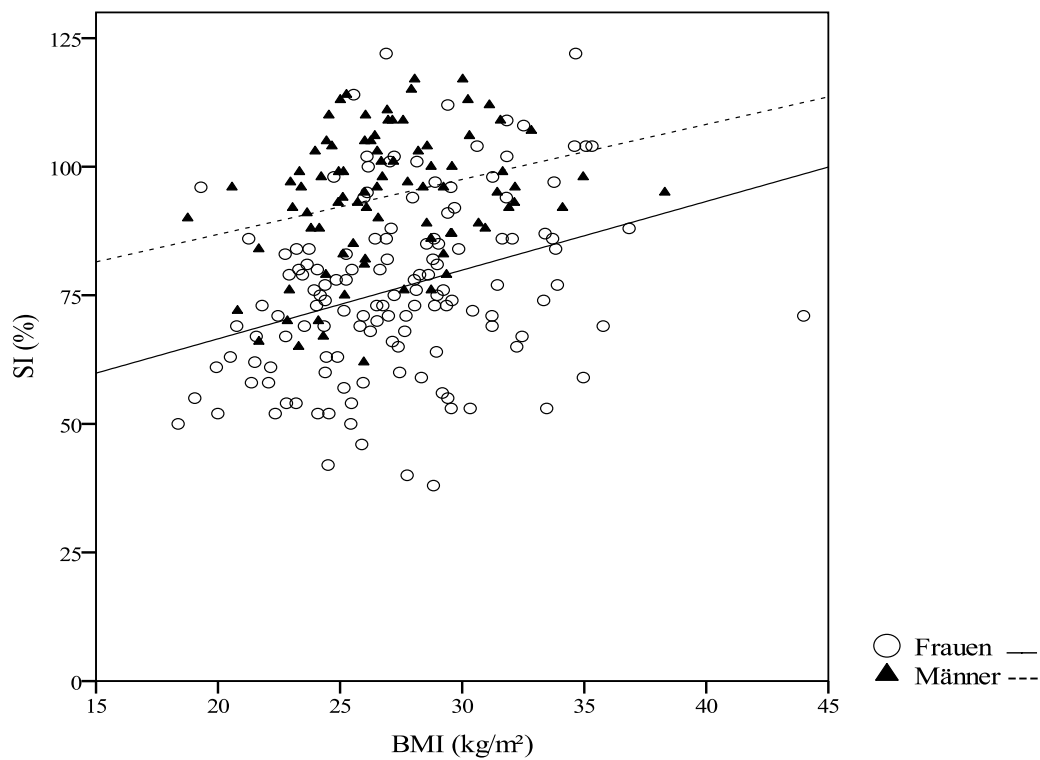
Der Zusammenhang zwischen SOS und BMI im Frauenkollektiv ist in Abb. 4.9 graphisch dargestellt. Die Abb. 4.10 und Abb. 4.11 zeigen den Zusammenhang zwischen BUA bzw. SI und BMI im Frauen- und Männerkollektiv.

**Abb. 4.9:** Zusammenhang zwischen SOS und BMI im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)





**Abb. 4.10:** Zusammenhang zwischen BUA und BMI im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)



**Abb. 4.11:** Zusammenhang zwischen SI und BMI im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)

#### 4.2.2.4 Waist-Hip-Ratio

Aus Tab. 4.29 gehen die Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der WHR und den drei QUS-Parametern SOS, BUA und SI hervor, wobei bei beiden Geschlechtern kein Zusammenhang zu erkennen ist.

**Tab. 4.29:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der WHR und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 137)		Männer (n = 85)	
	r	p	r	p
SOS (m/s)	0,00	0,989	0,12	0,283
BUA (dB/MHz)	0,43	0,618	0,06	0,589
SI (%)	0,02	0,778	0,10	0,382

### 4.2.3 QUS-Parameter und Körperzusammensetzung

#### 4.2.3.1 Fettfreie Masse

Die fettfreie Masse (kg) korreliert sowohl im Frauen- als auch im Männerkollektiv positiv mit der BUA und dem SI, mit der SOS dagegen nur bei den Frauen (Tab. 4.30).

**Tab. 4.30:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der fettfreien Masse und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 137)		Männer (n = 85)	
	r	p	r	p
SOS (m/s)	0,34	< 0,001	0,18	0,099
BUA (dB/MHz)	0,46	< 0,001	0,27	0,012
SI (%)	0,42	< 0,001	0,24	0,025

In Tab. 4.31 sind die Studienteilnehmer bezüglich ihrer fettfreien Masse in Tertile eingeteilt worden. Die entsprechenden mittleren Messergebnisse der SOS, der BUA und des SI sind im Anschluss dargestellt. Im Frauenkollektiv ist bei allen drei QUS-Parametern ein Anstieg mit zunehmender fettfreier Masse zu beobachten, während dies bei den Männern nicht zu erkennen ist.

**Tab. 4.31:** QUS-Parameter nach fettfreier Masse (MW  $\pm$  SD)

<b>Frauen</b>	<b>fettfreie Masse (kg)</b>	<b>&lt; 37,8 (n = 45)</b>	<b>37,8 - 41,5 (n = 47)</b>	<b>&gt; 41,5 (n = 45)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1498 $\pm$ 24	1516 $\pm$ 33	1525 $\pm$ 30	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	101 $\pm$ 11	110 $\pm$ 14	116 $\pm$ 12	< 0,001
	SI (%)	67 $\pm$ 13	77 $\pm$ 18	84 $\pm$ 16	< 0,001
<b>Männer</b>	<b>fettfreie Masse (kg)</b>	<b>&lt; 53,0 (n = 28)</b>	<b>53,0 - 56,6 (n = 28)</b>	<b>&gt; 56,6 (n = 29)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
	SOS (m/s)	1534 $\pm$ 31	1539 $\pm$ 28	1547 $\pm$ 22	0,214
	BUA (dB/MHz)	122 $\pm$ 11	124 $\pm$ 10	128 $\pm$ 8	0,068
	SI (%)	91 $\pm$ 15	94 $\pm$ 12	98 $\pm$ 10	0,084

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

Aus den Ergebnissen des Post Hoc Tests in Tab. 4.32 geht hervor, dass Frauen mit einer fettfreien Masse unter 37,8 kg im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen niedrigere SOS-, BUA- und SI-Messwerte aufweisen. Ebenfalls niedriger sind der BUA- und SI-Messwert bei Frauen mit einer fettfreien Masse zwischen 37,8 und 41,5 kg im Vergleich zu Frauen mit einer fettfreien Masse über 41,5 kg. Im Männerkollektiv weisen die Personen mit einer fettfreien Masse unter 53,0 kg niedrigere BUA- und SI-Messwerte auf im Vergleich zu denjenigen mit über 56,6 kg. Keine Unterschiede sind in den anderen Vergleichsgruppen zu beobachten.

**Tab. 4.32:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach fettfreier Masse

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>fettfreie Masse (kg)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 37,8 vs. 37,8 - 41,5	0,005
		< 37,8 vs. > 41,5	< 0,001
		37,8 - 41,5 vs. > 41,5	0,148
	BUA (dB/MHz)	< 37,8 vs. 37,8 - 41,5	0,002
		< 37,8 vs. > 41,5	< 0,001
		37,8 - 41,5 vs. > 41,5	0,014
	SI (%)	< 37,8 vs. 37,8 - 41,5	0,002
		< 37,8 vs. > 41,5	< 0,001
		37,8 - 41,5 vs. > 41,5	0,038
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 53,0 vs. 53,0 - 56,6	0,540
		< 53,0 vs. > 56,6	0,085
		53,0 - 56,6 vs. > 56,6	0,264
	BUA (dB/MHz)	< 53,0 vs. 53,0 - 56,6	0,291
		< 53,0 vs. > 56,6	0,021
		53,0 - 56,6 vs. > 56,6	0,203
	SI (%)	< 53,0 vs. 53,0 - 56,6	0,354
		< 53,0 vs. > 56,6	0,027
		53,0 - 56,6 vs. > 56,6	0,195

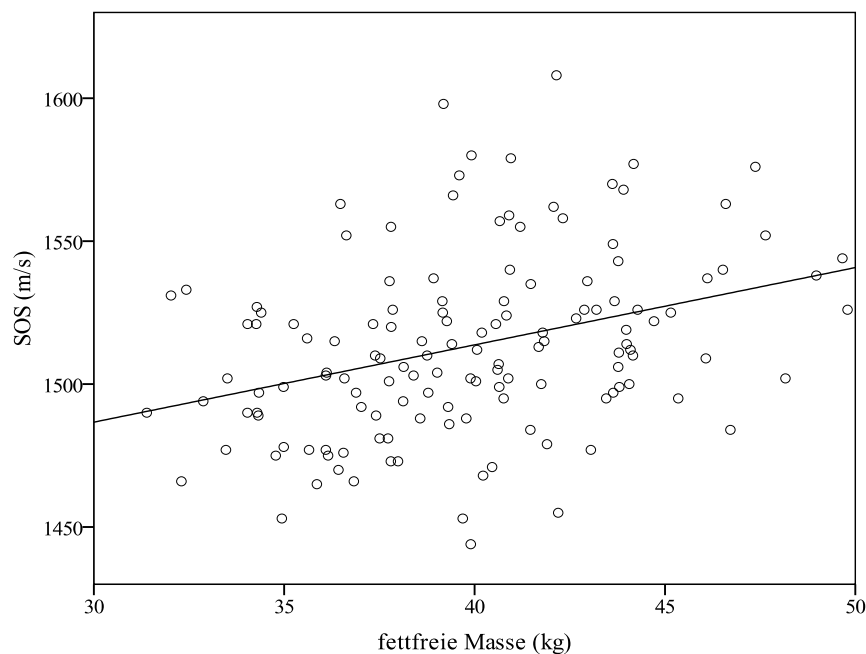
<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

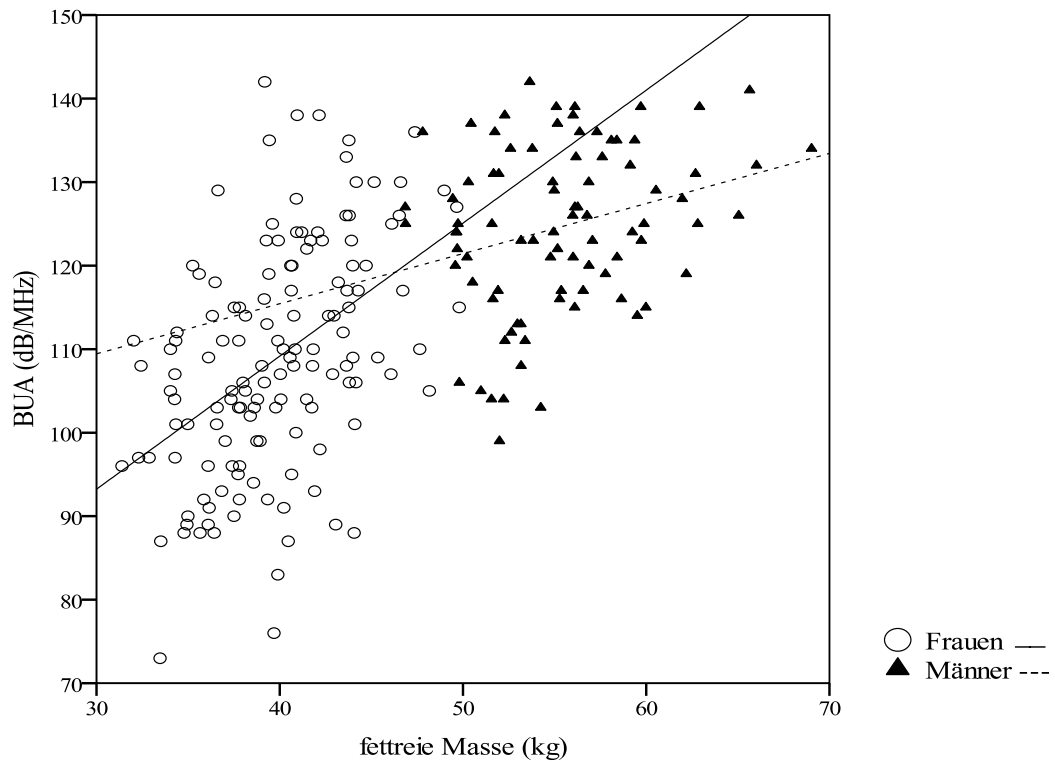
Mittels der univariaten linearen Regressionsanalyse wird der Einfluss der fettfreien Masse (kg) auf die QUS-Parameter genauer untersucht (Tab. 4.33). Dabei erweist sich die fettfreie Masse als ein signifikanter Prädiktor aller drei QUS-Parameter bei den Frauen, wobei die fettfreie Masse den größten Einfluss auf die BUA und den geringsten auf die SOS zeigt. Im Männerkollektiv kann ein ähnliches Bild beobachtet werden. Die fettfreie Masse stellt einen Prädiktor von BUA und SI dar, nicht aber der SOS. Den größten Einfluss zeigt die fettfreie Masse auch hier auf die BUA. Im Frauenkollektiv erklärt die fettfreie Masse 12 % der Variationen der SOS, 21 % der BUA und 18 % des SI. Bei den Männern können 7 % der Varianz der BUA und 6 % der Varianz des SI auf die fettfreie Masse zurückgeführt werden.

**Tab. 4.33:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der fettfreien Masse auf die QUS-Parameter

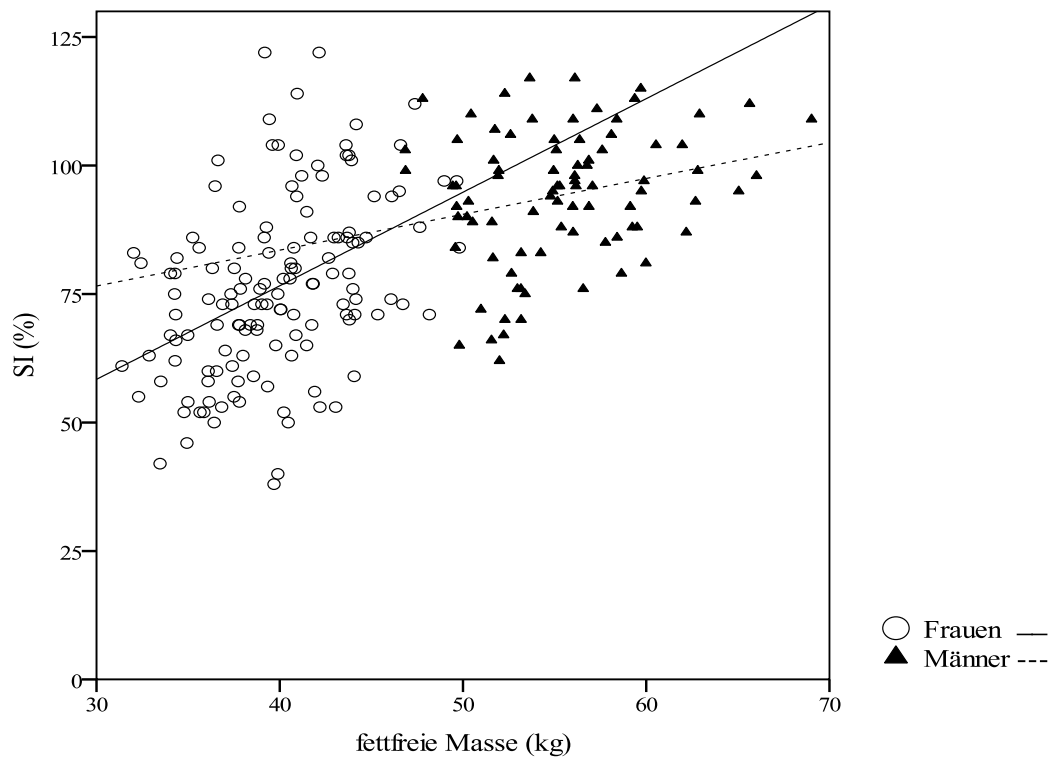
<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante	0,343	55,08	< 0,001
		fettfreie Masse		4,24	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante		4,32	< 0,001
		fettfreie Masse	0,462	6,05	< 0,001
	SI (%)	Konstante	0,423	0,28	0,779
		fettfreie Masse		5,43	< 0,001
<b>Männer</b>	BUA (dB/MHz)	Konstante	0,271	7,06	< 0,001
		fettfreie Masse		2,57	0,012
	SI (%)	Konstante	0,243	3,28	0,002
		fettfreie Masse		2,29	0,025

Die Abb. 4.12 zeigt den graphischen Zusammenhang zwischen SOS und fettfreier Masse im Frauenkollektiv; die Abb. 4.13 und stellen Abb. 4.14 den Zusammenhang zwischen BUA und fettfreier Masse bzw. SI und fettfreier Masse im Frauen- und Männerkollektiv dar.

**Abb. 4.12:** Zusammenhang zwischen SOS und fettfreier Masse im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.13:** Zusammenhang zwischen BUA und fettfreier Masse im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)



**Abb. 4.14:** Zusammenhang zwischen SI und fettfreier Masse im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)

#### 4.2.3.2 Fettmasse

In Tab. 4.34 sind die Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Fettmasse (kg) und der SOS, der BUA und dem SI dargestellt. Während im Frauenkollektiv zwischen der Fettmasse und allen drei QUS-Parametern ein positiver Zusammenhang besteht, korreliert im Männerkollektiv die Fettmasse nur mit der BUA positiv. Zwischen SOS und SI und der Fettmasse ist statistisch kein Zusammenhang nachweisbar.

**Tab. 4.34:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Fettmasse und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 137)		Männer (n = 85)	
	r	p	r	p
SOS (m/s)	0,30	< 0,001	0,08	0,467
BUA (dB/MHz)	0,38	< 0,001	0,26	0,018
SI (%)	0,36	< 0,001	0,18	0,105

Bezogen auf ihre Fettmasse (kg) sind die Probanden in Tertile eingeteilt und für die einzelnen Gruppen die mittleren QUS-Messwerte ermittelt worden (Tab. 4.35). Bei den Frauen ist zu beobachten, dass die Messwerte aller drei QUS-Parameter mit zunehmender Fettmasse ansteigen. Im Männerkollektiv ist dies dagegen nicht zu beobachten.

**Tab. 4.35:** QUS-Parameter nach Fettmasse (MW  $\pm$  SD)

Frauen	Fettmasse (kg)	< 27,2 (n = 45)	27,2 - 34,6 (n = 47)	> 34,6 (n = 45)	p <sup>1)</sup>
	SOS (m/s)	1503 $\pm$ 25	1516 $\pm$ 31	1521 $\pm$ 36	0,016
	BUA (dB/MHz)	102 $\pm$ 11	111 $\pm$ 13	114 $\pm$ 15	< 0,001
	SI (%)	69 $\pm$ 13	78 $\pm$ 17	82 $\pm$ 19	0,001
Männer	Fettmasse (kg)	< 21,1 (n = 28)	21,1 - 27,6 (n = 28)	> 27,6 (n = 29)	p <sup>1)</sup>
	SOS (m/s)	1537 $\pm$ 31	1539 $\pm$ 26	1543 $\pm$ 25	0,689
	BUA (dB/MHz)	122 $\pm$ 11	126 $\pm$ 8	126 $\pm$ 10	0,124
	SI (%)	91 $\pm$ 15	95 $\pm$ 11	96 $\pm$ 12	0,337

<sup>1)</sup> mittels einfaktorieller ANOVA

Die Post Hoc Ergebnisse (Tab. 4.36) zeigen, dass Frauen mit einer Fettmasse von unter 27,2 kg niedrigere QUS-Messwerte aufweisen als Frauen mit einer Fettmasse zwischen 27,2 und 34,6 kg bzw. über 34,6 kg. Zwischen den anderen Vergleichsgruppen im Frauen- und Männerkollektiv sind keine Unterschiede nachzuweisen.

**Tab. 4.36:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach Fettmasse

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>Fettmasse (kg)</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 27,2 vs. 27,2 - 34,6	0,044
		< 27,2 vs. > 34,6	0,005
		27,2 - 34,6 vs. > 34,6	0,406
	BUA (dB/MHz)	< 27,2 vs. 27,2 - 34,6	0,003
		< 27,2 vs. > 34,6	< 0,001
		27,2 - 34,6 vs. > 34,6	0,270
	SI (%)	< 27,2 vs. 27,2 - 34,6	0,009
		< 27,2 vs. > 34,6	< 0,001
		27,2 - 34,6 vs. > 34,6	0,296
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	< 21,1 vs. 21,1 - 27,6	0,771
		< 21,1 vs. > 27,6	0,398
		21,1 - 27,6 vs. > 27,6	0,579
	BUA (dB/MHz)	< 21,1 vs. 21,1 - 27,6	0,100
		< 21,1 vs. > 27,6	0,060
		21,1 - 27,6 vs. > 27,6	0,822
	SI (%)	< 21,1 vs. 21,1 - 27,6	0,316
		< 21,1 vs. > 27,6	0,151
		21,1 - 27,6 vs. > 27,6	0,667

<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

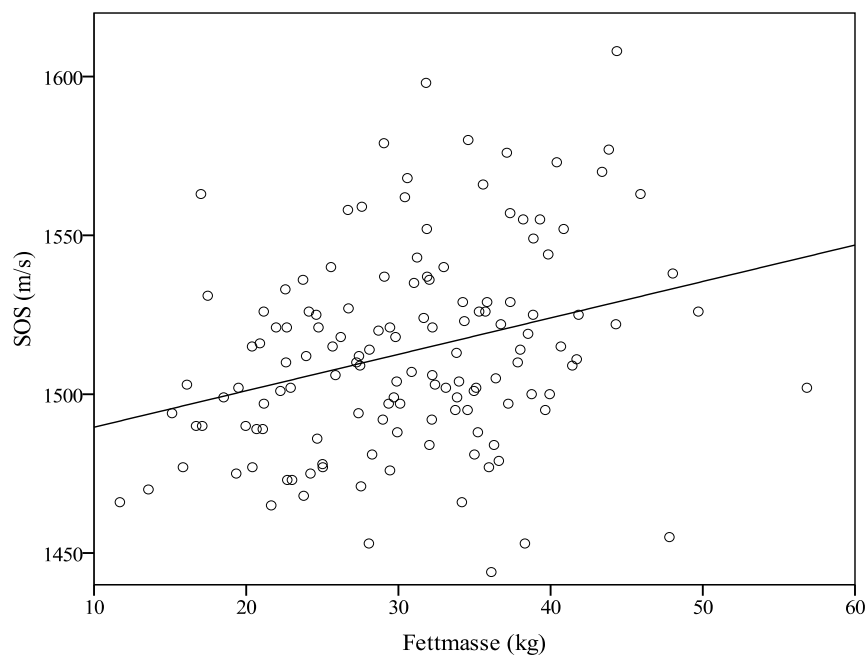
In der univariaten linearen Regressionsanalyse stellt sich die Fettmasse (kg) als ein signifikanter Prädiktor der SOS, der BUA und des SI bei den Frauen dar. Den größten Einfluss zeigt die Fettmasse auf die BUA, gefolgt vom SI. Im Männerkollektiv erweist sich die Fettmasse nur als Prädiktor der BUA. Im Frauenkollektiv können 9 % der Varianz der SOS, 15 % der BUA und 13 % des SI auf die Fettmasse zurückgeführt werden. Bei den Männern erklärt die Fettmasse 7 % der Varianz der BUA (Tab. 4.37).

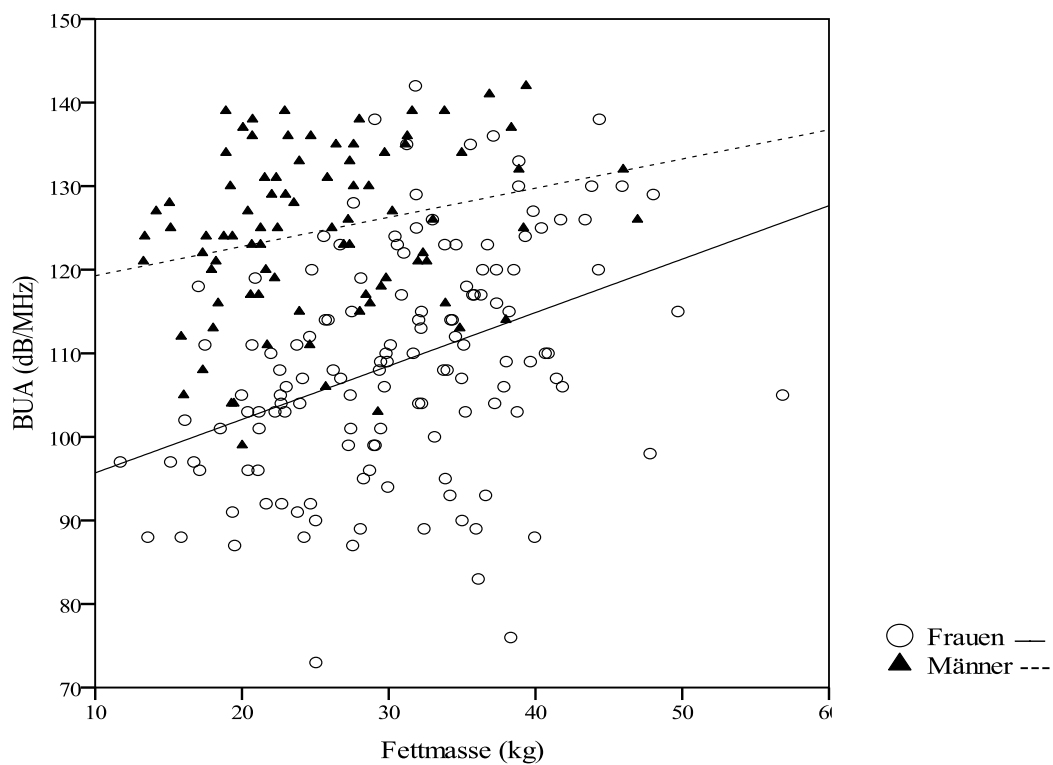


**Tab. 4.37:** Lineare Regression zur Erklärung der Fettmasse auf die QUS-Parameter

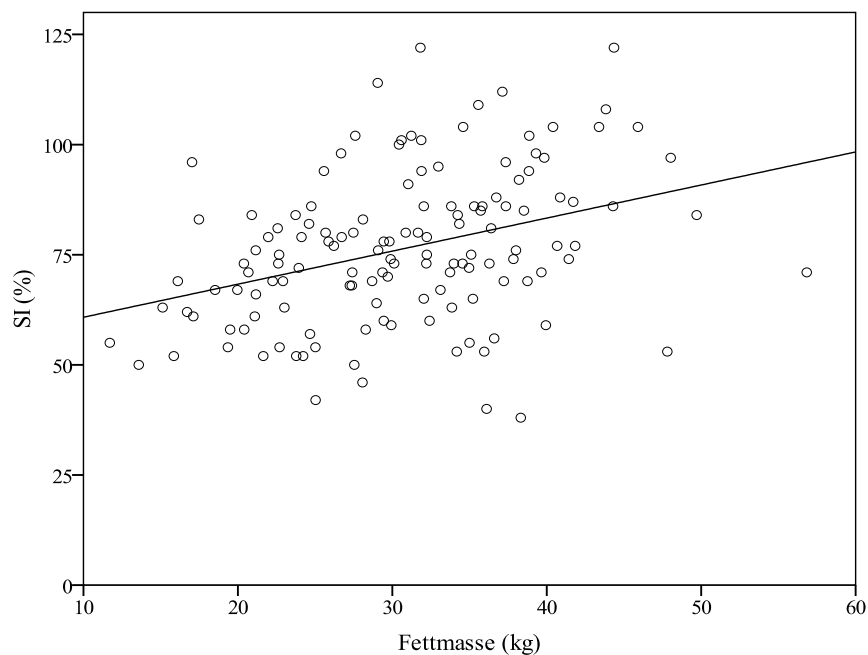
<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante Fettmasse	0,300	148,20 3,65	< 0,001 < 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante Fettmasse	0,382	21,14 4,81	< 0,001 < 0,001
	SI (%)	Konstante Fettmasse	0,359	10,01 4,48	< 0,001 < 0,001
<b>Männer</b>	BUA (dB/MHz)	Konstante Fettmasse	0,256	30,34 2,41	< 0,001 0,018

In Abb. 4.15 und Abb. 4.17 ist der Zusammenhang zwischen SOS bzw. SI und Fettmasse im Frauenkollektiv graphisch dargestellt. Aus Abb. 4.16 geht der Zusammenhang zwischen BUA und Fettmasse im Frauen- und Männerkollektiv hervor.

**Abb. 4.15:** Zusammenhang zwischen SOS und Fettmasse im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.16:** Zusammenhang zwischen BUA und Fettmasse im Frauen- und Männerkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgeraden)



**Abb. 4.17:** Zusammenhang zwischen SI und Fettmasse im Frauenkollektiv (ermittelte Werte und Regressionsgerade)

#### 4.2.4 QUS-Parameter und gynäkologische Parameter

##### 4.2.4.1 Menarchealter

Aus Tab. 4.38 gehen die QUS-Parameter nach Menarchealter hervor. Es zeigt sich, dass sich die QUS-Messergebnisse von Probandinnen mit bei einem Menarchealter  $\leq 14$  Jahre nicht von denen mit einem Menarchealter  $> 14$  Jahre unterscheiden.

**Tab. 4.38:** QUS-Parameter nach Menarchealter (Median, 5-95er Perzentile)

	<b><math>\leq 14</math> Jahre</b> (n = 86)	<b><math>&gt; 14</math> Jahre</b> (n = 39)	<b>p<sup>1)</sup></b>
SOS (m/s)	1515 1465 - 1570	1510 1477 - 1580	0,934
BUA (dB/MHz)	109 88 - 130	107 88 - 136	0,879
SI (%)	77 50 - 104	73 53 - 112	0,974

<sup>1)</sup> mittels Mann-Whitney-Test (U-Test)

##### 4.2.4.2 Östrogenexpositionszeit

Zwischen den drei QUS-Parametern SOS, BUA und SI und der Östrogenexpositionszeit ist statistisch keine Korrelation zu erkennen (Tab. 4.39).

**Tab. 4.39:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Östrogenexpositionszeit und den QUS-Parametern

	<b>Frauen (n = 125)</b>	
	<b>r</b>	<b>p</b>
SOS (m/s)	- 0,021	0,814
BUA (db/MHz)	0,041	0,646
SI (%)	0,014	0,881

#### 4.2.4.3 Postmenopausale Jahre

In Tab. 4.40 sind die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen den postmenopausalen Jahren und den QUS-Parametern dargestellt. Die postmenopausalen Jahre korrelieren dabei negativ mit SOS, BUA und SI.

**Tab. 4.40:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen den postmenopausalen Jahren und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 125)	
	r	p
SOS (m/s)	- 0,33	< 0,001
BUA (dB/MHz)	-0,30	< 0,001
SI (%)	-0,33	< 0,001

Aus Tab. 4.41 gehen die mittleren SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse bezogen auf die postmenopausalen Jahre hervor. Die Einteilung erfolgt in Tertile. Es zeigt sich, dass die Messwerte aller drei QUS-Parameter mit zunehmenden postmenopausalen Jahren abnehmen.

**Tab. 4.41:** QUS-Parameter nach postmenopausalen Jahren (MW  $\pm$  SD)

Frauen	postmenopausale Jahre	< 22 (n = 44)	22 - 29 (n = 43)	> 29 (n = 38)	p <sup>1)</sup>
	SOS (m/s)	1527 $\pm$ 30	1514 $\pm$ 30	1498 $\pm$ 29	0,001
	BUA (dB/MHz)	115 $\pm$ 11	107 $\pm$ 13	104 $\pm$ 15	< 0,001
	SI (%)	84 $\pm$ 15	75 $\pm$ 16	68 $\pm$ 17	< 0,001

<sup>1)</sup> mittels einfaktorielle ANOVA

Aus dem Post Hoc Test geht hervor, dass Frauen unter 22 postmenopausale Jahre höhere SOS-, BUA- und SI-Messwerte aufweisen im Vergleich zu Frauen zwischen 22 und 29 postmenopausale Jahre bzw. über 29 postmenopausale Jahre. Zudem weisen die Frauen zwischen 22 und 29 postmenopausale Jahre höhere SOS-Messergebnisse auf im Vergleich zu denjenigen über 29 Jahre (Tab. 4.42).

**Tab. 4.42:** Post Hoc Ergebnisse der QUS-Parameter nach postmenopausalen Jahren

	<b>QUS-Parameter</b>	<b>postmenopausale Jahre</b>	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	< 22 vs. 22 - 29	0,041
		< 22 vs. > 29	< 0,001
		22 - 29 vs. > 29	0,015
	BUA (dB/MHz)	< 22 vs. 22 - 29	0,012
		< 22 vs. > 29	< 0,001
		22 - 29 vs. > 29	0,209
	SI (%)	< 22 vs. 22 - 29	0,016
		< 22 vs. > 29	< 0,001
		22 - 29 vs. > 29	0,056

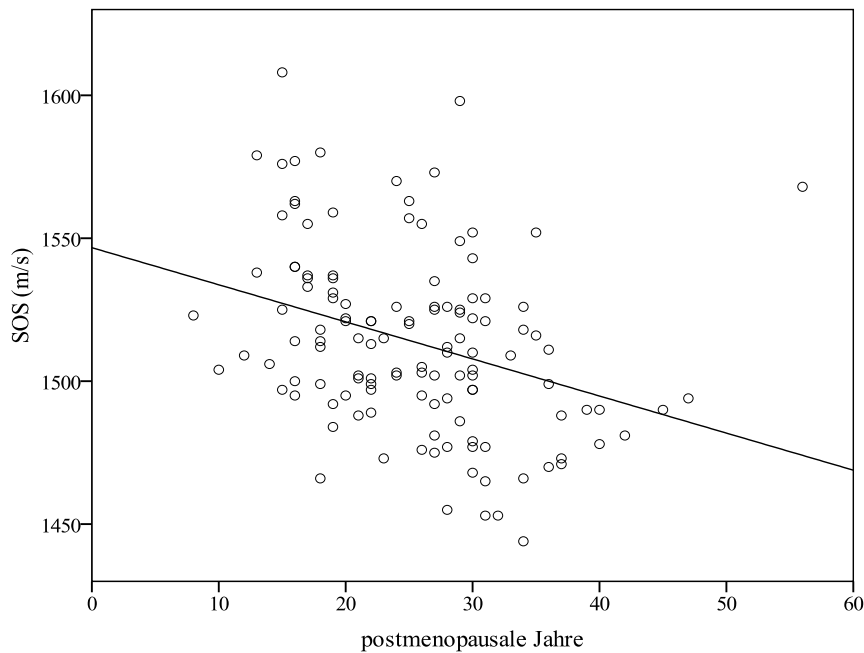
<sup>1)</sup> mittels LSD-Test

Mittels der univariaten linearen Regressionsanalyse (Tab. 4.43) wird der Einfluss der postmenopausalen Jahre auf die SOS, die BUA und den SI genauer untersucht. Dabei erweisen sich die postmenopausalen Jahre als ein Einflussfaktor auf alle drei QUS-Parameter. Den größten Effekt zeigen die postmenopausalen Jahre dabei auf die SOS und den geringsten auf die BUA. Von der Varianz der SOS können 11 % auf die postmenopausalen Jahre zurückgeführt werden, bei der BUA sind es 9 % und beim SI ebenfalls 11 %.

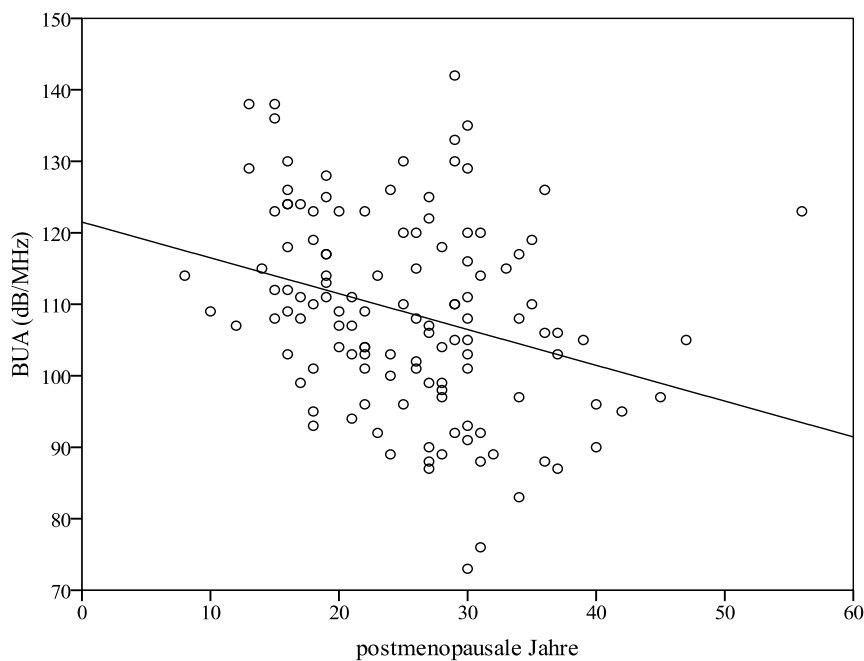
**Tab. 4.43:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses der postmenopausalen Jahre auf die QUS-Parameter

<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b>β</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante		173,28	< 0,001
		postmenopausale Jahre	-0,330	-3,87	< 0,001
	BUA (dB/MHz)	Konstante		31,16	< 0,001
		postmenopausale Jahre	-0,295	-3,42	< 0,001
	SI (%)	Konstante		19,39	< 0,001
		postmenopausale Jahre	-0,326	-3,83	< 0,001

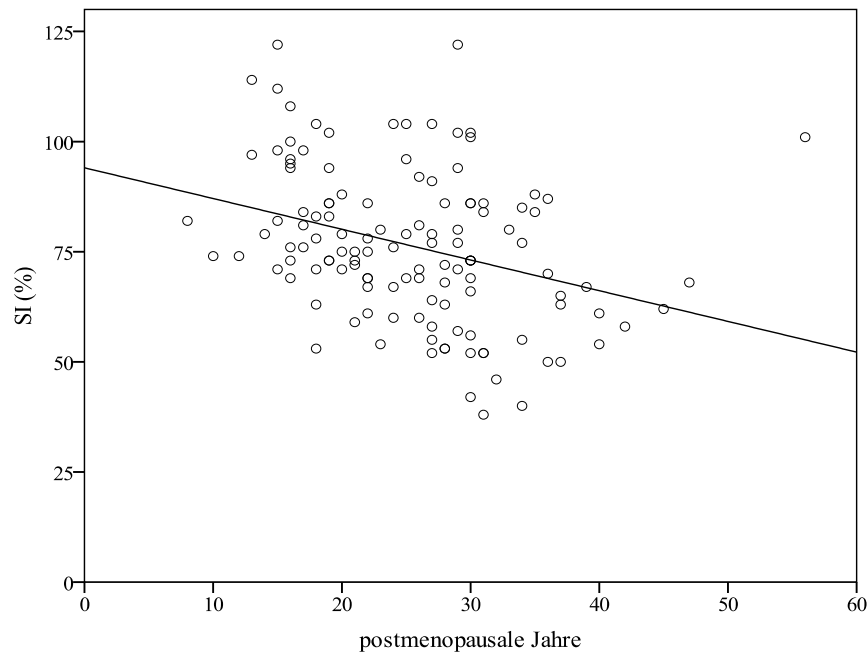
Der graphische Zusammenhang zwischen SOS, BUA und SI und den postmenopausalen Jahren gehen aus den Abb. 4.18 bis Abb. 4.20 hervor.



**Abb. 4.18:** Zusammenhang zwischen SOS und postmenopausale Jahre (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.19:** Zusammenhang zwischen BUA und postmenopausale Jahre (ermittelte Werte und Regressionsgerade)



**Abb. 4.20:** Zusammenhang zwischen SI und postmenopausale Jahre (ermittelte Werte und Regressionsanalyse)

#### 4.2.5 QUS-Parameter und Vitamin D-Zufuhr

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern ist kein Zusammenhang zwischen der SOS, der BUA und dem SI und der Vitamin D-Zufuhr zu erkennen (Tab. 4.44).

**Tab. 4.44:** Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Vitamin D-Zufuhr und den QUS-Parametern

	Frauen (n = 129) <sup>1)</sup>		Männer (n = 82) <sup>1)</sup>	
	R	p	R	p
SOS (m/s)	-0,14	0,116	-0,29	0,795
BUA (dB/MHz)	-0,09	0,294	-0,01	0,898
SI (%)	-0,13	0,146	-0,03	0,807

<sup>1)</sup> Bei 8 Frauen und 3 Männern konnte wegen des fehlenden Ernährungsprotokolls der Korrelationskoeffizient nicht berechnet werden.

## 4.2.6 QUS-Parameter und Lebensstilfaktoren

### 4.2.6.1 Alkoholzufuhr

In Tab. 4.45 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen der Alkoholzufuhr und den QUS-Parametern dargestellt. Bei beiden Geschlechtern ist kein Zusammenhang erkennbar.

**Tab. 4.45:** Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Alkoholzufuhr und den QUS-Parametern

	<b>Frauen (n = 129)<sup>1)</sup></b>		<b>Männer (n = 82)<sup>1)</sup></b>	
	<b>R</b>	<b>p</b>	<b>R</b>	<b>p</b>
SOS (m/s)	-0,03	0,718	-0,13	0,245
BUA (dB/MHz)	0,04	0,655	-0,05	0,672
SI (%)	0,01	0,882	-0,09	0,404

<sup>1)</sup> Bei 8 Frauen und 3 Männern konnte wegen des fehlenden Ernährungsprotokolls der Korrelationskoeffizient nicht berechnet werden.

### 4.2.6.2 Rauchverhalten

Die Senioren werden in Tab. 4.46 bezüglich ihres Rauchverhaltens in zwei Gruppen eingeteilt. Bei den Männern weisen die Nichtraucher höhere mittlere QUS-Messergebnisse auf als die Raucher. Das gleiche Bild zeigt sich auch bei der SOS der Frauen, wogegen bei der BUA und dem SI keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen erkennbar sind.

**Tab. 4.46:** QUS-Parameter nach Rauchverhalten (MW  $\pm$  SD)

	<b>Rauchverhalten<sup>2)</sup></b>	<b>Nichtraucher</b> (F 99 M 27)	<b>Raucher<sup>3)</sup></b> (F 34 M 58)	<b>p<sup>1)</sup></b>
<b>Frauen</b>	SOS (m/s)	1516 $\pm$ 31	1504 $\pm$ 29	0,044
	BUA (dB/MHz)	109 $\pm$ 14	107 $\pm$ 13	0,492
	SI (%)	77 $\pm$ 17	73 $\pm$ 16	0,167
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	1550 $\pm$ 24	1535 $\pm$ 28	0,021
	BUA (dB/MHz)	129 $\pm$ 8	123 $\pm$ 10	0,011
	SI (%)	100 $\pm$ 11	92 $\pm$ 13	0,008

<sup>1)</sup> t-Test bei unabhängigen Stichproben

<sup>2)</sup> 4 Frauen machten keine Angaben

<sup>3)</sup> einschließlich Ex-Raucher und Gelegenheitsraucher



Das Rauchverhalten stellt in der univariaten linearen Regressionsanalyse einen Prädiktor der SOS im Frauenkollektiv sowie der SOS, der BUA und dem SI im Männerkollektiv dar (Tab. 4.47). Den größten Effekt zeigt das Rauchverhalten bei den Männern auf den SI und den geringsten auf die SOS. Von der Varianz der SOS können bei den Frauen 3 % auf das Rauchverhalten zurückgeführt werden. Im Männerkollektiv erklärt das Rauchverhalten 6 % der Varianzen der SOS, 8 % der BUA und 8 % des SI.

**Tab. 4.47:** Lineare Regression zur Erklärung des Einflusses des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter

<b>Frauen</b>	<b>Abhängige Variable</b>	<b>Unabhängige Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>t</b>	<b>p</b>
	SOS (m/s)	Konstante Rauchverhalten	-0,175	495,65 -2,03	< 0,001 0,044
<b>Männer</b>	SOS (m/s)	Konstante Rauchverhalten	-0,251	302,92 -2,36	< 0,001 0,021
	BUA (dB/MHz)	Konstante Rauchverhalten	-0,276	69,07 -2,61	< 0,001 0,011
	SI (%)	Konstante Rauchverhalten	-0,284	41,31 -2,70	< 0,001 0,008

#### 4.2.6.3 Körperliche Aktivität

Bei beiden Geschlechtern ist kein Zusammenhang zwischen den drei QUS-Parametern und dem körperlichen Aktivitätsindex zu erkennen (Tab. 4.48).

**Tab. 4.48:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen dem körperlichen Aktivitätsindex und den QUS-Parametern

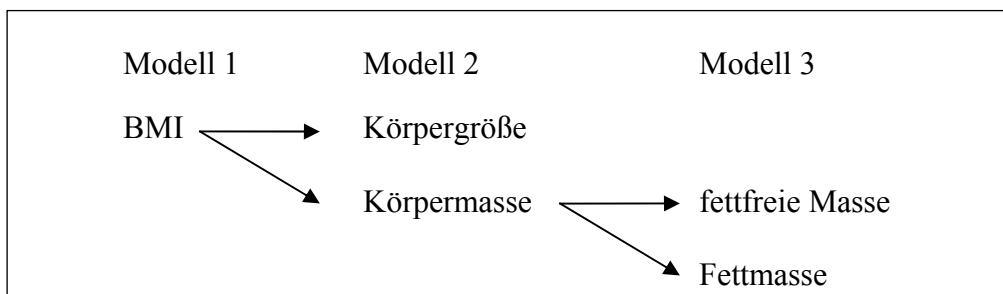
	<b>Frauen (n = 125)<sup>1)</sup></b>		<b>Männer (n = 83)<sup>1)</sup></b>	
	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
SOS (m/s)	-0,030	0,737	-0,014	0,900
BUA (dB/MHz)	0,012	0,890	-0,008	0,944
SI (%)	-0,012	0,891	-0,012	0,915

<sup>1)</sup> Bei 12 Frauen und 2 Männern konnte der körperliche Aktivitätsindex wegen fehlender Angaben nicht berechnet werden.

### 4.3 Zusammenfassende Betrachtung

Mit Hilfe der schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse wird, getrennt nach Frauen und Männern, der Einfluss aller Parameter, die sich als signifikante Prädiktoren der QUS-Parameter in der einfachen linearen Regressionsanalyse erwiesen haben, auf die SOS, die BUA und den SI zusammenfassend untersucht.

Da zwischen den Variablen Alter und postmenopausale Jahre eine Kollinearität existiert und somit beide Variablen nicht in einem Modell aufgenommen werden können, erfolgen für das Frauenkollektiv zwei getrennte zusammenfassende Betrachtungen. In der ersten Betrachtung (Tab. 4.49; im Kapitel „Diskussion“ als „erste multiple lineare Regressionsanalyse“ bezeichnet) wird die Variable Alter verwendet und in der zweiten Betrachtung (Tab. 4.50, im Kapitel „Diskussion“ als „zweite multiple lineare Regressionsanalyse“ bezeichnet) diese Variable durch die Variable postmenopausale Jahre ersetzt. Die anderen aufgenommenen Variablen bleiben jeweils bestehen. Um Interaktionen zwischen den anthropometrischen Variablen (BMI, Körpergröße, Körpermasse) und den Variablen zur Körperzusammensetzung (fettfreie Masse, Fettmasse) auszuschließen, wird deshalb in der multiplen linearen Regressionsanalyse mit drei verschiedenen Modellen gerechnet. Der genaue Modellaufbau ist aus Abb. 4.21 ersichtlich. Variablen, die einen Einfluss auf die QUS-Parameter zeigten, aber nicht mit den anthropometrischen Variablen und den Variablen zur Körperzusammensetzung interagieren, sind in den Modellen nicht aufgeführt.



**Abb. 4.21:** Modellaufbau der multiplen linearen Regressionsanalyse

Im Frauenkollektiv erweisen sich das Alter (s. Tab. 4.16), die postmenopausalen Jahre (s. Tab. 4.43), die Körpermasse (s. Tab. 4.24), der BMI (s. Tab. 4.28), die fettfreie Masse (s. Tab. 4.33) und die Fettmasse (s. Tab. 4.37) als Prädiktoren der SOS, der BUA und des SI. Als zusätzliche Einflussfaktoren zeigen sich die Körpergröße bei der BUA und dem SI (s. Tab. 4.20) sowie das Rauchverhalten bei der SOS (s. Tab. 4.47).

In der ersten der beiden multiplen linearen Regressionsanalysen (Tab. 4.49) erklären die Variablen im Modell 1 25 % der Varianzen der SOS, wovon mit 20 % das Alter den größten Einfluss zeigt, gefolgt vom Rauchverhalten (3 %) und dem BMI (2 %). Im Modell 2 ist ein ähnliches Bild zu erkennen. Das Alter zeigt mit 20 % wiederum den größten Einfluss auf die SOS, gefolgt vom Rauchverhalten mit 3 % und der Körpermasse mit 3 %. Insgesamt erklären die Variablen im Modell 2 somit 26 % der Varianzen der SOS. Im Modell 3 bleibt das Alter als größter Einflussfaktor auf die SOS mit 20 % bestehen, gefolgt von der fettfreien Masse und dem Rauchverhalten mit jeweils 3 %. Die Fettmasse zeigt keinen Einfluss auf die SOS. Wie im Modell 2 erklären die Variablen des Modells 3 26 % der Varianzen der SOS.

Der größte Einflussfaktor auf die BUA im Modell 1 ist, wie auch bei der SOS, das Alter (14 %), gefolgt vom BMI (3 %). Im Modell 2 zeigt sich im Gegensatz zur SOS ein anderes Bild: Der größte Einfluss auf die BUA ist bei der Variable Körpermasse (18 %) zu beobachten, gefolgt vom Alter mit einem Einfluss von 4 %. Die Körpergröße zeigt keinen Einfluss auf die BUA. Im Modell 3 ist zu sehen, dass der größte Einflussfaktor die fettfreie Masse mit 21 % darstellt und das Alter 3 % der Varianz erklärt. Wie im Modell 3 bei der SOS hat die Fettmasse auch auf die BUA in der zusammenfassenden Betrachtung keinen Einfluss. Insgesamt können 17 % der Varianzen der BUA auf die Faktoren im Modell 1 zurückgeführt werden, 22 % auf die im Modell 2 und 24 % auf die im Modell 3 ausgewählten Faktoren

Das Alter zeigt mit 19 % im Modell 1 den größten Einfluss auf den SI, gefolgt vom BMI (2 %). Insgesamt erklären diese beiden Variablen 21 % der Varianzen des SI. Im Modell 2 und 3 ist das Alter ebenfalls der größte Einflussfaktor mit wiederum 19 %. Im Modell 2 folgen an zweiter Stelle die Körpermasse (4 %) und im Modell 3 die fettfreie Masse (6 %). Das Modell 2 erklärt somit 23 % und das Modell 3 25 % der Varianzen des SI. Die Körpergröße (Modell 2) und die Fettmasse (Modell 3) stellen keine Prädiktoren des SI in der multiplen linearen Regressionsanalyse dar.

**Tab. 4.49:** Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses des Alters, des BMI, der Körpergröße, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter im Frauenkollektiv

Abhängige Variable	Unabhängige Variable	$\beta$	t	p
<b>SOS</b>				
Modell 1	Konstante		40,57	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,385	-4,70	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,185	2,24	0,027
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,210	-2,77	0,007
Modell 2	Konstante		39,02	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,363	-4,30	< 0,001
	Körpermasse (kg)	0,211	2,46	0,015
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,225	-2,94	0,004
Modell 3	Konstante		33,04	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,366	-4,40	< 0,001
	Fettfreie Masse (kg)	0,209	2,50	0,014
	Fettmasse (kg)	0,073	0,63	0,532
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,205	-2,73	0,007
<b>BUA</b>				
Modell 1	Konstante		7,55	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,297	-3,47	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,204	2,39	0,018
Modell 2	Konstante		6,36	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,225	-2,63	0,010
	Körpergröße (cm)	0,129	1,58	0,118
	Körpermasse (kg)	0,329	3,84	< 0,001
Modell 3	Konstante		4,38	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,215	-2,58	0,011
	Fettfreie Masse (kg)	0,367	4,40	< 0,001
	Fettmasse (kg)	0,035	0,31	0,760
<b>SI</b>				
Modell 1	Konstante		5,84	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,366	-4,41	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,182	2,19	0,030
Modell 2	Konstante		5,02	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,320	-3,80	< 0,001
	Körpergröße (cm)	0,057	0,70	0,484
	Körpermasse (kg)	0,255	3,00	0,003
Modell 3	Konstante		3,44	< 0,001
	Alter (Jahre)	-0,312	-3,76	< 0,001
	Fettfreie Masse (kg)	0,285	3,43	< 0,001
	Fettmasse (kg)	0,026	0,23	0,821

<sup>1)</sup> Rauchverhalten: 0 = Nichtraucher; 1 = Raucher, einschließlich Ex-Raucher

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Frauenkollektiv das Alter und die fettfreie Masse die größten Einflussfaktoren auf die QUS-Parameter darstellen, während sich die Fettmasse bei keinem QUS-Parameter als Prädiktor in der multiplen linearen Regressionsanalyse erweist.

Wird in der schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse die Variable Alter durch die Variable postmenopausale Jahre ersetzt, zeigt sich folgendes Bild (Tab. 4.50). Im Modell 1 erklärt die Variable postmenopausale Jahre 11 % der Variationen der SOS, der BMI 6 % und das Rauchverhalten 3 %. Insgesamt erklären die drei Variablen 20 % der Variationen der SOS. Die Variablen des Modells 2 erklären 21 % der Varianzen der SOS, wovon die postmenopausalen Jahre 11 %, die Körpermasse 6 % und das Rauchverhalten 4 % ausmachen. Im Modell 3 zeigt sich bezüglich der Variable postmenopausale Jahre das gleich Bild: diese Variable erklärt, wie in den beiden vorherigen Modellen, 11 % der Variationen der SOS. Die fettfreie Masse (7 %) und das Rauchverhalten (3 %) ergeben weitere 10 % der Variabilität der SOS. Insgesamt können 21 % der Varianzen der SOS auf diese drei Variablen zurückgeführt werden. Die Fettmasse stellt wie in der anderen multiplen linearen Regressionsanalyse keinen Prädiktor der SOS dar.

Bei den Modellen zur BUA zeigt sich folgendes Bild. Im Modell 1 gehen 5 % der insgesamt 16 % der Variationen der BUA auf die postmenopausalen Jahre und 11 % auf den BMI zurück; im Modell 2 sind es 4 % bei den postmenopausalen Jahren und 19 % auf die Körpermasse (insgesamt 23 %). Die Körpergröße zeigt vergleichbar zum anderen Regressionsmodell (Tab. 4.49) keinen Einfluss auf die BUA. Die Variablen im Modell 3 erklären 26 % der Variationen der BUA, wovon mit 23 % die fettfreie Masse den größten Einfluss zeigt, gefolgt von den postmenopausalen Jahren mit 3 %. Die Fettmasse zeigt, wie auch auf die SOS, keinen Einfluss auf die BUA.

Den größten Einfluss auf den SI im Modell 1 hat der BMI mit 10 %, gefolgt von den postmenopausalen Jahren mit 7 %. Insgesamt erklären diese beiden Variablen somit 17 % der Varianzen des SI. Im Modell 2 zeigt sich als größter Einflussfaktor die Körpermasse (15 %). Die postmenopausalen Jahre erklären in diesem Modell 6 % der insgesamt 21 % der Varianzen des SI. Die Körpergröße zeigt wiederum keinen Einfluss. Die Variablen des Modells 3 erklären 23 % der Variationen des SI. Auf die fettfreie Masse sind 18 % zurückzuführen und 5 % auf die postmenopausalen Jahre. Die Fettmasse stellt wie bei den vorherigen QUS-Parametern kein Prädiktor des SI in der multiplen linearen Regressionsanalyse dar.

**Tab. 4.50:** Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses der postmenopausalen Jahre, des BMI, der Körpergröße, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter

Abhängige Variable	Unabhängige Variable	$\beta$	t	p
<b>SOS</b>				
Modell 1	Konstante		75,28	< 0,001
	postmenopausale Jahre	-0,284	-3,43	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,289	3,46	< 0,001
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,209	-2,53	0,013
Modell 2	Konstante		74,59	< 0,001
	Postmenopausale Jahre	-0,260	-3,10	0,002
	Körpermasse (kg)	0,301	3,53	< 0,001
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,224	-2,69	0,008
Modell 3	Konstante		48,93	< 0,001
	Postmenopausale Jahre	-0,260	-3,10	0,002
	Fettfreie Masse (kg)	0,301	3,60	< 0,001
	Fettmasse (kg)	0,106	0,883	0,379
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,193	-2,36	0,020
<b>BUA</b>				
Modell 1	Konstante		10,50	< 0,001
	Postmenopausale Jahre	-0,250	-3,00	0,003
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,300	3,60	< 0,001
Modell 2	Konstante		9,79	< 0,001
	Postmenopausale Jahre	-0,208	-2,56	0,012
	Körpergröße (cm)	0,108	1,28	0,204
	Körpermasse (kg)	0,398	4,91	< 0,001
Modell 3	Konstante		4,41	< 0,001
	postmenopausale Jahre	-0,194	-2,44	0,016
	Fettfreie Masse (kg)	0,438	5,50	< 0,001
	Fettmasse (kg)	0,062	0,551	0,583
<b>SI</b>				
Modell 1	Konstante		5,39	< 0,001
	postmenopausale Jahre	-0,283	-3,43	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,286	3,47	< 0,001
Modell 2	Konstante		4,86	< 0,001
	Postmenopausale Jahre	-0,251	-3,06	0,003
	Körpergröße (cm)	0,038	0,44	0,663
	Körpermasse (kg)	0,344	4,19	< 0,001
Modell 3	Konstante		1,42	0,159
	Postmenopausale Jahre	-0,240	-2,97	0,004
	Fettfreie Masse (kg)	0,375	4,62	< 0,001
	Fettmasse (kg)	0,062	0,55	0,586

<sup>1)</sup> Rauchverhalten: 0 = Nichtraucher; 1 = Raucher, einschließlich Ex-Raucher

Die fettfreie Masse erweist sich auch bei der Berechnung der zweiten multiplen linearen Regressionsanalyse im Frauenkollektiv als wichtigster Einflussfaktor auf die QUS-Parameter, während die postmenopausalen Jahre einen geringeren Einfluss haben als das Alter an sich. Auch bei dieser statistischen Auswertung ist kein Einfluss der Fettmasse auf SOS, BUA und SI nachzuweisen.

Bei den Männern stellen die Körpermasse (s. Tab. 4.24), der BMI (s. Tab. 4.28), die fettfreie Masse (s. Tab. 4.33) und das Rauchverhalten (s. Tab. 4.47) in der einfachen linearen Regressionsanalyse Einflussfaktoren auf die BUA und den SI dar. Zusätzlich erweist sich die Fettmasse (s. Tab. 4.37) als Prädiktor bei der BUA.

In der daraus resultierenden multiplen linearen Regressionsanalyse (Tab. 4.51) erklären die beiden Variablen BMI und Rauchverhalten des Modells 1 17 % der Variationen der BUA, wovon der BMI mit 10 % den größten Einfluss zeigt, gefolgt vom Rauchverhalten mit 7 %. Im Modell 2 zeigt die Körpermasse mit 8 % einen etwa gleich großen Einfluss auf die BUA wie das Rauchverhalten mit 7 %. Insgesamt erklären diese beiden Variablen somit 15 % der Varianzen. Die fettfreie Masse erweist sich mit 8 % im Modell 3 als größter Einflussfaktor, darauf folgt das Rauchverhalten mit 7 %. Die Fettmasse stellt keinen Prädiktor der BUA dar. Die Variablen des Modells 3 erklären insgesamt 15 % der Variationen der BUA.

Das Rauchverhalten und der BMI zeigen im Modell 1 einen gleichgroßen Einfluss auf den SI mit jeweils 7 %. Im Modell 2 zeigt sich als größter Einflussfaktor das Rauchverhalten mit wiederum 7 %, gefolgt von der Körpermasse mit 5 %. Wie auch im Modell 1 zeigen im Modell 3 die beiden Variablen fettfreie Masse und Rauchverhalten mit 7 % einen gleich großen Einfluss auf den SI. Von den Variationen des SI können jeweils 14 % auf die Modelle 1 und 3 zurückgeführt werden und 12 % auf das Modell 2.

**Tab. 4.51:** Multiple lineare Regressionsanalyse zur Erklärung des Einflusses des BMI, der Körpermasse, der fettfreien Masse, der Fettmasse und des Rauchverhaltens auf die QUS-Parameter im Männerkollektiv

Abhängige Variable	Unabhängige Variable	$\beta$	t	p
<b>BUA</b>				
Modell 1	Konstante		12,80	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,340	3,43	< 0,001
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,285	-2,87	0,005
Modell 2	Konstante		13,97	< 0,001
	Körpermasse (kg)	0,312	3,10	0,003
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,303	-3,00	0,004
Modell 3	Konstante		7,43	< 0,001
	Fettfreie Masse (kg)	0,306	3,02	0,003
	Fettmasse (kg)	0,129	0,967	0,336
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,310	-3,06	0,003
<b>SI</b>				
Modell 1	Konstante		6,67	< 0,001
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,290	2,87	0,005
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,292	-2,89	0,005
Modell 2	Konstante		7,60	< 0,001
	Körpermasse (kg)	0,248	2,41	0,018
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,306	-2,98	0,004
Modell 3	Konstante		3,47	< 0,001
	Fettfreie Masse (kg)	0,278	2,73	0,008
	Rauchverhalten <sup>1)</sup>	-0,315	-3,09	0,003

<sup>1)</sup> Rauchverhalten: 0 = Nichtraucher; 1 = Raucher, einschließlich Ex-Raucher

Im Männerkollektiv lässt sich zusammenfassend festhalten, dass das Rauchverhalten, der BMI und wie auch im Frauenkollektiv die fettfreie Masse einen Einfluss auf die BUA und den SI zeigen. Die Fettmasse zeigt wie bei den Frauen keinen Einfluss auf die BUA.



## 5 Diskussion

### 5.1 Probanden

Für die statistische Auswertung der Fragestellung dieser Arbeit konnten von den insgesamt 350 Studienteilnehmern (247 Frauen und 103 Männer) im Erhebungsjahr 2004 128 Probanden (36,6 %) nicht berücksichtigt werden. Das Untersuchungskollektiv setzt sich somit aus 222 Probanden (137 Frauen und 85 Männer) zusammen.

Zu den Ausschlusskriterien (s. Kap. 3.2, S 30f) zählten Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen, durch die sich der calcaneale Knochenstatus möglicherweise bereits verändert hat bzw. die Störfaktoren für die BIA-Messung darstellen. Im Folgenden wird die Auswahl der Erkrankungen und Medikamente genauer begründet.

Als Erkrankungen für eine mögliche sekundäre Osteoporose wurden Diabetes mellitus Typ 1 sowie eine chronische Nierenerkrankung festgelegt. Welcher Mechanismus für die verminderte Knochenstruktur und BMD bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 1 verantwortlich ist, ist gegenwärtig noch unklar. Diskutiert werden u. a. eine erhöhte Konzentration an *advanced glycation end products* im Kollagen bei einer Hyperglycämie, welches zu einem Verlust der Elastizität und Flexibilität des Kollagens führt und somit die Brüchigkeit von Geweben, wie z. B. des Knochens, erhöht (Gangoiti et al. 2008, Ulrich und Cerami 2001), eine reduzierte intestinale Calciumabsorption in Verbindung mit einer Hypercalciurie, welche wiederum zu einer vermehrten Parathormonsekretion (PTH) führt (Carnevale et al. 2004, Lips 2001) oder eine reduzierte Insulin und *insulin like growth faktor* 1-Konzentration, welche im Knochenstoffwechsel eine anabole Rolle einnehmen (Carnevale et al. 2004, Jehle et al. 1998, Leidig-Bruckner und Ziegler 2001, Moyer-Mileur et al. 2008). Patienten mit einer chronischen Nierenerkrankung weisen ebenfalls eine verminderte Knochenstruktur und BMD aufgrund von Veränderungen im Calcium-, Phosphat-, Vitamin D- und PTH-Stoffwechsel auf (Gal-Moscovici und Sprague 2007, Nickolas et al. 2008), so dass Probanden mit dieser Erkrankung ebenfalls ausgeschlossen werden mussten.

Bei den Medikamenten war das Ausschlusskriterium für eine mögliche sekundäre Osteoporose eine Cortisoneinnahme von drei Monaten und länger. Durch die Einnahme von Glucocorticoiden entwickelt sich ein sekundärer Hyperparathyreoidismus aufgrund einer

vermehrten renalen Calciumausscheidung und einer verminderten intestinalen Calciumabsorption, welcher die Osteoklastenaktivität fördert. Daneben werden die Muskelmasse und -kraft sowie die Lebensdauer und Funktion der Osteoblasten negativ beeinflusst, so dass es insgesamt zu Veränderungen in der Knochenstruktur sowie zu einer Abnahme der BMD kommt (Fitzpatrick 2002, Rauch et al. 2010, van Staa 2006).

Des Weiteren wurden Probanden ausgeschlossen, die wegen einer Erkrankung vor den Untersuchungen mindestens vier Wochen bettlägerig waren. Die daraus resultierende Muskelatrophie sowie die in Verbindung mit der Muskelatrophie stehende Abnahme des Knochenstatus (Berg et al. 2007) bei längerer Immobilität haben Einfluss auf die zu untersuchenden Variablen. Somit stellen sie einen potentiellen Störfaktor hinsichtlich der Analysen dar.

Im Frauenkollektiv gab es zusätzliche Ausschlusskriterien, die potentielle Störfaktoren darstellen. Diese betreffen primär den Östrogenstoffwechsel. Östrogene wirken auf die Knochenstruktur und die BMD agonistisch (Riggs et al. 2002), so dass ein Defizit die Knochenstruktur und auch die BMD negativ beeinflusst. Je früher ein Defizit auftritt, desto stärker die Auswirkung auf die Knochen (Gallagher 2007, Gordon und Nelson 2003, Wiksten-Almströmer et al. 2009). Für diese Untersuchung wurden deshalb Frauen, die eine Amenorrhoe von mehr als sechs Monaten in der reproduktiven Phase angaben, nicht berücksichtigt sowie Frauen, bei denen beide Eierstöcke im Alter von unter 45 Jahren entfernt wurden. Aufgrund der agonistischen Wirkung der Östrogene auf Knochenstruktur und BMD wurden auf der anderen Seite Frauen ausgeschlossen, die angaben, östrogenhaltige Medikamente einzunehmen bzw. eingenommen zu haben. Somit wurden Frauen mit einer mehr als ein Jahr dauernden Hormon-Ersatz-Therapie als auch Frauen mit der Einnahme von Tamoxifen nicht berücksichtigt. Tamoxifen ist ein selektiver Östrogenrezeptormodulator zur Nachsorge bei Brustkrebs, welches einerseits Östrogenrezeptoren im Brustbereich kompetitiv hemmt, andererseits auf die Knochenstruktur und BMD aber agonistisch wirkt (Ding und Field 2007, Oseni et al. 2008, Powles et al. 1996).

Das Studienkollektiv wird im Folgenden mit dem Bundesdurchschnitt der 60-Jährigen und Älteren in Bezug auf das Alter, den anthropometrischen Parametern, das Rauchverhalten, die Vitamin D- und Alkoholzufuhr und die körperliche Aktivität verglichen.

Das für diese Arbeit verwendete Untersuchungskollektiv stellt im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (Statistisches Bundesamt 2011) in älteres Studienkollektiv dar, in der die Altersgruppe 70 - 79 Jahre relativ stark vertreten ist. Hinsichtlich der anthropometrischen Daten liegt eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Bundesdurchschnitt vor (Max Rubner-Institut (MRI) 2008a, Statistisches Bundesamt 2006).

Die Vitamin D-Zufuhr des GISELA-Kollektivs (Frauen: 2,75 µg/d; Männer: 2,74 µg/d) liegt deutlich unter der Zufuhrempfehlung von 20 µg/d (Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) 2012). Im Vergleich zu den Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II; MRI 2008b) erreichen auch hier die 65- bis 80-Jährigen nicht die Zufuhrempfehlung (Frauen: 3,4 µg/d; Männer: 4,4 µg/d).

Bei der Alkohol-Zufuhr ist auffallend, dass das Männerkollektiv deutlich mehr Alkohol zu sich nimmt als das Frauenkollektiv (8,01 g/d vs. 0,41 g/d). Das gleiche Bild ist auch bei den 65- bis 80-Jährigen der NVS II zu erkennen (15,5 g/d vs. 4,3 g/d) (MRI 2008b). Den Richtwert zur täglichen Alkoholzufuhr von max. 10 g für Frauen und 20 g für Männer (DGE 2012) wird von den GISELA-Probanden deutlich unterschritten.

In Bezug auf das Rauchverhalten ist zu erkennen, dass sowohl im GISELA-Frauen- als auch im GISELA-Männerkollektiv im Vergleich zum Bundesdurchschnitt der Anteil der Nichtraucher geringer und der Anteil der Ex-Raucher höher ist. Übereinstimmend mit dem Bundesdurchschnitt ist, dass mehr Männer als Frauen rauchen. Die Raucherquote ist bei beiden Geschlechtern geringer als im Bundesdurchschnitt (Statistisches Bundesamt 2006).

Der körperliche Aktivitätsindex mit 1,67 bei den Frauen und 1,66 bei den Männern bei einem Durchschnittsalter von 74 bzw. 73 Jahren relativ hoch, welches auf ein sportliches und aktives Seniorenkollektiv hinweist.

## 5.2 Methodik

### Quantitativer Ultraschall

Die Entscheidung für die Bestimmung des Knochenstatus die QUS-Methode einzusetzen und nicht eine andere osteodensitometrische Methode, wie DXA oder die QCT, kann wie folgt begründet werden.

Zum einen konnten Studien belegen, dass die QUS-Methode im direkten Vergleich mit der DXA- oder QCT-Methode gleichwertig gute Ergebnisse erzielt hinsichtlich der Unterscheidung von Personen mit und ohne Osteoporose (Clowes et al. 2006, Edelmann-Schäfer et

al. 2011, Pearson et al. 2003, Sorensen et al. 2001). Somit ist die QUS-Methode im Vergleich zu den beiden anderen osteodensitometrischen Methoden eine äquivalent gute Untersuchungsmethode. Zum anderen ist das Gerät portabel, so dass ein Einsatz an jedem Ort möglich ist, während DXA und QCT, mit Ausnahme der kompakten Tischgeräte für ausschließliche Aufnahmen am peripheren Skelett, festinstallierte Geräte vor Ort sind. Dadurch war es möglich, alle Untersuchungen im Institut für Ernährungswissenschaft durchzuführen und keinen weiteren Untersuchungstermin außerhäusig mit den Probanden vereinbaren zu müssen. Die Belastung für die Probanden konnte somit gering gehalten werden. Zudem ist die Messdauer kürzer als bei der DXA- und QCT-Methode und dieses Verfahren ist frei von Röntgenstrahlen, welches die Akzeptanz der Probanden für diese Untersuchungsmethode erklärt. Hinzukommt, dass mit dieser Methode fast jeder Proband untersucht werden kann, da Wirbelveränderungen wie Skoliose oder Wirbelfrakturen, eine stark kalzifizierte Aorta im Wirbelsäulenbereich oder metallische Prothesen im Gegensatz zur DXA keine Ausschlusskriterien bzw. Störfaktoren für die Messung darstellen (Krieg et al. 2008, Prevrhal 2006).

### BIA zur Bestimmung der Körperzusammensetzung

Die Bestimmung der fettfreien Masse und der Fettmasse erfolgte mittels BIA. Neben dieser Methode gibt es noch eine weitere feldgeeignete, nicht-invasive Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung: die Hautfaltendickenmessung mittels Kaliper. Bei dieser Methode wird durch die Messung der Hautfaltendicke das subkutane Fettgewebe an ausgewählten Körperstellen erfasst, woraus das Gesamtkörperfett indirekt berechnet werden kann (Chumlea und Roche 1986). Nachteilig an dieser Methode ist jedoch, dass mit zunehmendem Alter die Elastizität des Fettgewebes aufgrund von Dehydrierungsprozessen abnimmt (Brenner et al. 1986) und die Messgenauigkeit der Hautfaltendicke mit zunehmender Dicke der Hautfalte nachlässt (Heitmann 1990). Die BIA-Messung ist dagegen unabhängig von der Elastizität des Fettgewebes und Fehler durch nicht korrektes Greifen der Hautfalte sind nicht möglich.

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung mittels BIA zeigt gleichwertige Ergebnisse im Vergleich mit der Bestimmung der Körperzusammensetzung mit dem Goldstandard (Unterwasserwägung) (Lukaski et al. 1986, Segal et al. 1988).

Aus den Messwerten der BIA, die Resistanz und die Reaktanz, wird anhand von Formeln die fettfreie Masse und die Fettmasse berechnet.

Für die Berechnung der fettfreien Masse und der Fettmasse des GISELA-Untersuchungskollektivs wurde die Formel von Roubenoff et al. (1997) verwendet. Diese Formel wurde gewählt, da zum einen das Alter der Referenzpopulation und des GISELA-Untersuchungskollektivs identisch ist und somit von gleichen Untersuchungsbedingungen ausgegangen werden kann. Zum anderen wurde eine DXA zur Bestimmung der fettfreien Masse und Fettmasse zur Validierung der Formel durchgeführt.

### 5.3 QUS-Parameter und Geschlecht

Aus Kap. 4.1.8 (S 43) geht hervor, dass das Frauenkollektiv niedrigere SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse als das Männerkollektiv aufweist. Im Folgenden wird dieses Ergebnis mit der Literatur verglichen. Einen Überblick über die ermittelten SOS-, BUA- und SI-Messwerte verschiedener Studien getrennt nach Geschlecht und Gerätetyp gibt Tab. 5.1.

**Tab. 5.1:** QUS-Messergebnisse (MW) verschiedener Studien getrennt nach Geschlecht und Gerätetyp

<b>Gerät Achilles</b>	<b>Land Anzahl und Alter der Probanden</b>	<b>SOS (m/s)</b>	<b>BUA (dB/MHz)</b>	<b>SI (%)</b>
Krieg et al. 1998	Schweiz F: 246; 64 - 98 J M: 103; 60 - 96 J	F: 1464 M: 1490 <sup>1)</sup>	F: 92,3 M: 105,8 <sup>1)</sup>	k. A.
Landin- Wilhelmsen et al. 2000	Schweden F: 582; 55 - 64 J M: 55; 55 - 64 J	F: 1514 M: 1516	F: 103,9 M: 110,8 <sup>4)</sup>	F: 73,3 M: 78,4 <sup>4)</sup>
Maggi et al. 2006	Italien F: 1358; 70 - 79 J M: 1643; 70 - 79 J	k. A.	k. A.	F: 69,9 M: 86,7 <sup>1)</sup>
Assantachai et al. 2006	Thailand F: 458; 60 - 99 J M: 241; 60 - 99 J	k. A.	F: 90,8 M: 101,6 <sup>4)</sup>	F: 55,4 M: 66,6 <sup>4)</sup>
Liu et al. 2006	China F: 74; 60 - 69 J M: 53; 60 - 69 J	F: 1528 M: 1541	F: 101,9 M: 109,5 <sup>3)</sup>	F: 75,8 M: 84,3 <sup>3)</sup>

**Tab 5.1:** QUS-Messergebnisse (MW) verschiedener Studien getrennt nach Geschlecht und Gerätetyp (Fortsetzung)

Gerät Sahara		SOS (m/s)	BUA (dB/MHz)	QUI
Canhão et al. 2008	Portugal F: 152; 70 - 92 J M: 76; 70 - 86 J	F: 1525 M: 1547 <sup>4)</sup>	F: 55 M: 72 <sup>4)</sup>	F: 76 M: 93 <sup>1)</sup>
Sosa et al. 2002	Spanien F: 183; 70 - 94 J M: 177; 70 - 99 J	F: 1522 M: 1544 <sup>1)</sup>	F: 61,0 M: 79,2 <sup>1)</sup>	F: 78,1 M: 94,6 <sup>1)</sup>
Magkos et al. 2005	Griechenland F: 127; 68 - 75 J M: 45; 68 - 75 J	F: 1526 M: 1546 <sup>2)</sup>	F: 60,1 M: 75,3 <sup>2)</sup>	F: 79,8 M: 93,9 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> keine statistische Angabe

<sup>2)</sup>  $p < 0,05$

<sup>3)</sup>  $p < 0,01$

<sup>4)</sup>  $p < 0,001$

Das Untersuchungsergebnis der GISELA-Studie hinsichtlich QUS-Parameter und Geschlecht wird in der Literatur fast einheitlich, unabhängig von der ethnischen Zugehörigkeit und dem verwendeten Gerätetyp, bestätigt (Assantachai et al. 2006, Maggi et al. 2006, Magkos et al. 2005). Landin-Wilhelmsen et al. (2000) beobachteten dagegen in ihrer Untersuchung, dass es keine geschlechtsabhängigen Unterschiede bei der SOS in der Altersgruppe der 55- bis 64-Jährigen gibt, im Gegensatz zu den BUA- und SI-Ergebnissen. Das gleiche Ergebnis zeigte sich auch bei Liu et al. (2006). Während bei den Männern in der Altersgruppe 60 bis 69 Jahre höhere BUA- und SI-Messwerte als bei den Frauen nachgewiesen werden konnten, war bei der SOS kein Unterschied zu beobachten.

Kontrovers zeigen sich in der Literatur jedoch die Ergebnisse hinsichtlich der Frage, ab welchem Alter dieser geschlechtsspezifische Unterschied zu erkennen ist. Landin-Wilhelmsen et al. (2000) kamen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass in allen vier Altersgruppen (25 - 34 Jahre, 35 - 44 Jahre, 45 - 54 Jahre, 55 - 64 Jahre) die Männer höhere BUA- und SI-Messwerte als die Frauen aufwiesen, während bei der SOS keine Unterschiede zu erkennen waren. Liu und Kollegen (2006) beobachteten dagegen, dass erst in den Altersgruppen 60 - 69 Jahre bzw. > 69 Jahre die BUA- und SI-Messwerte bei den Männern höher waren als bei den Frauen. Einen höheren SOS-Messwert konnten Liu et al. nur in der Altersgruppe > 69 Jahre nachweisen. Die Altersspanne des Probandenkollektivs lag zwischen 10 und 85 Jahren.

Bei den Studien, die das Gerät Sahara der Firma Hologic (Waltham, MA) benutzten, ist die Datenlage ebenfalls kontrovers. Canhão et al. (2008) stellten fest, dass die Männer (19 - 86 Jahre) ab 40 Jahre höhere BUA-Messwerte und ab dem Alter von 60 Jahren höhere SOS-Messergebnisse aufwiesen als die Frauen (18 - 92 Jahre). Zu einem anderen Ergebnis hinsichtlich BUA kommen dagegen Magkos et al. (2005). Hier zeigten die Männer bereits in der Altersgruppe 26 - 29 Jahre sowie in den Altersgruppen 60 - 67 Jahre und 68 - 75 Jahre höhere BUA-Messwerte als die Frauen. Die SOS war, wie bei Canhão et al. (2008), ab einem Alter von 60 Jahren bei den Männern höher. Bei dieser Studie ist jedoch zu beachten, dass die Altersgruppe 34 - 59 Jahre nicht erfasst wurde, sondern nur die 26- bis 33-Jährigen und die 60- bis 75-Jährigen.

Trotz der unterschiedlichen Studienergebnisse bezüglich möglicher geschlechtsspezifischer Unterschiede bei den QUS-Parametern im Alter ist zu erkennen, dass, je älter die Probanden sind, desto häufiger ist festzustellen, dass Frauen statistisch belegt niedrigere QUS-Messwerte aufweisen als Männer. Die Hauptursache für den geschlechtsspezifischen Unterschied ab einem Alter von etwa 50 Jahren ist die Abnahme der Östrogenkonzentration bei den Frauen bedingt durch den Beginn der Menopause.

### **5.4 QUS-Parameter und Alter**

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der Untersuchung zum Einfluss des Alters auf die QUS-Parameter diskutiert werden.

Zunächst werden die SOS-, BUA- und SI-Messergebnisse des GISELA-Kollektivs mit der entsprechenden Literatur verglichen, um diese besser einordnen zu können. Im Anschluss daran erfolgt die Gegenüberstellung der GISELA-Ergebnisse mit den Ergebnissen aus der Literatur bezüglich des Einflusses des Alters auf die QUS-Parameter.

Eine genaue Beschreibung der Kollektive der im Text herangezogenen QUS- und DXA-Vergleichsstudien für die Diskussion befindet sich im Anhang in den Tab. 10.1 und Tab. 10.2.

#### QUS-Messwerte der GISELA-Studie im Vergleich zu anderen Studien

In Tab. 5.2 sind die QUS-Messwerte von etwa gleichaltrigen Frauen verschiedener Untersuchungen dargestellt. Im anschließenden Vergleich dieser Messergebnisse mit denen des GISELA-Frauenkollektivs wird der SI, als Kombinationsparameter von SOS und BUA, als Vergleichsgröße verwendet.

**Tab. 5.2:** QUS-Messwerte (MW  $\pm$  SD) von Seniorinnen verschiedener Studien im Überblick

	<b>Land Anzahl und Alter der Probanden</b>	<b>SOS (m/s)</b>	<b>BUA (dB/MHz)</b>	<b>SI (%)</b>
GISELA	Deutschland n = 137; 62 - 92 J	1513 $\pm$ 13	109 $\pm$ 14	76 $\pm$ 17
Alenfeld et al. 2002	Deutschland n = 27; 70 - 79 J	1510 $\pm$ 20	101 $\pm$ 7	70 $\pm$ 10
Hadji et al. 2001	Deutschland n = 125; 70 - 79 J	1517 $\pm$ 31	103 $\pm$ 10	73,5 $\pm$ 14
Krieg et al. 2006	Schweiz n = 7062; $\geq$ 70 J, MW = 75 J	1511 $\pm$ 28	100 $\pm$ 11	69,8 $\pm$ 14
Maggi et al. 2006	Italien n = 1358, 70 - 79 J	k. A.	k. A.	69,8 $\pm$ 15
Dionyssiotis et al. 2010	Griechenland n = 450; 70 - 79 J	k. A.	k. A.	75,3 $\pm$ 17
Trovas et al. 2009	Griechenland n = 125; 70 - 79 J	k. A.	k. A.	77,5 $\pm$ 18
Assantachai et al. 2006	Thailand n = 458; 60 - 99 J	k. A.	90,8 $\pm$ 12	55,4 $\pm$ 14
Kitagawa u. Nakahara 2008	Japan n = 113; 60 - 85 J	k. A.	k. A.	58,5 $\pm$ 8
Liu et al. 2006	China n = 17; 70 - 83 J	1501 $\pm$ 25	94,2 $\pm$ 10	63,1 $\pm$ 11
VanderJagt et al. 2004	Nigeria n = 14; 70 - 79	1488 $\pm$ 27	98 $\pm$ 13	62 $\pm$ 16

Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse der beiden deutschen Untersuchungen weist das GISELA-Frauenkollektiv einen höheren SI auf. Die Differenz zu dem Kollektiv von Hadji et al. (2001) ist nur gering, die Differenz zu dem Kollektiv von Alenfeld et al. (2002) dagegen größer. Da die Auswahl des Probandenkollektivs anhand ähnlicher Ein- bzw. Ausschlusskriterien wie bei der GISELA-Studie erfolgte, ist die Differenz zu Alenfeld et al. (2002) wahrscheinlich auf die geringe Probandenanzahl zurückzuführen. Auch die Studie von Krieg et al. (2006) weist einen niedrigeren SI-Messwert auf, obwohl die Probanden ebenfalls Kaukasier, fast gleichaltrig und wie die GISELA-Senioren mobil und selbstständig waren. Da der Knochenstatus im Allgemeinen von vielen verschiedenen Faktoren bestimmt wird (z. B.



Genetik, Ernährung, Sport), ist die Angabe von Ursachen hierfür sehr schwierig und auf eine Kombination mehrerer Faktoren zurückzuführen.

Im Vergleich zu den südeuropäischen Studien ist auffallend, dass der SI der beiden griechischen Untersuchungen (Dionyssiotis et al. 2010, Trovas et al. 2009) annähernd identisch ist mit dem SI des GISELA-Kollektivs, während der SI der italienischen Studie (Maggi et al. 2006) deutlich darunter liegt.

Obwohl Studien (Barrett-Connor et al. 2005, Nam et al. 2010, Saeed et al. 2009) belegen, dass Personen mit dunkler Hautfarbe eine höhere BMD als Personen mit heller Hautfarbe aufweisen, liegt der calcaneale Knochenstatus des Kollektivs von VanderJagt et al. (2004) unter dem von kaukasischen Frauen. Wahrscheinlich ist dies u. a. auf die geringere Körpermasse des Kollektivs (MW:  $53,2 \pm 16,3$  kg), im Gegensatz zu den Studienkollektiven, inkl. der GISELA-Studie, mit einem SI über 70 %, zurückzuführen (Hadjj et al. 2001: MW:  $65,6 \pm 9,8$  kg; Dionyssiottis et al. 2010: MW:  $70,8 \pm 11,8$  kg; Trovas et al. 2009: MW:  $67,9 \pm 11,8$  kg). Des Weiteren ist die Probandenanzahl sehr gering ( $n = 14$ ), so dass nur eine geringe Aussagekraft gegeben ist.

Der SI der asiatischen Studien (Assantachai et al. 2006, Kitagawa und Nakahara 2008, Liu et al. 2006) zeigt ebenfalls eine deutliche Differenz zu dem SI des GISELA-Frauenkollektivs, dessen Ursache hauptsächlich mit der unterschiedlichen ethnischen Zugehörigkeit (Asiaten vs. Kaukasier) begründet werden kann (Barrett-Connor et al. 2005, Lei et al. 2006, Nam et al. 2010). Hinzu kommt wiederum die geringere Körpermasse der Probanden der asiatischen Studien (Kitagawa und Nakahara 2008: MW:  $52,2 \pm 7,6$  kg, Liu et al. 2006: MW:  $44,8 \pm 5,6$  kg). Der Einfluss der Körpermasse auf den calcanealen Knochenstatus wird im Kap. 5.5, S 97ff diskutiert.

Aus Tab. 5.3 gehen die QUS-Messergebnisse von männlichen Studienteilnehmern im Alter des GISELA-Kollektivs aus der Literatur hervor.

**Tab. 5.3:** QUS-Messwerte (MW  $\pm$  SD) von Senioren verschiedener Studien im Überblick

	<b>Land Anzahl und Alter der Probanden</b>	<b>SOS (m/s)</b>	<b>BUA (dB/MHz)</b>	<b>SI (%)</b>
GISELA	Deutschland n = 85; 62 - 88 J	1540 $\pm$ 27	125 $\pm$ 10	94 $\pm$ 13
Krieg et al. 1998	Schweiz n = 103; 60 - 96 J	1490 $\pm$ 34	106 $\pm$ 13	68,1 <sup>1)</sup>
Landin- Wilhelmsen et al. 2000	Schweden n = 55; 55 - 64 J	1516 $\pm$ 27	111 $\pm$ 9	78,4 $\pm$ 13
Maggi et al. 2006	Italien n = 1643; 70 - 79 J	k. A.	k. A.	86,7 $\pm$ 19
Assantachai et al. 2006	Thailand n = 241; 60 - 99 J	k. A.	102 $\pm$ 13	66,6 $\pm$ 16
Liu et al. 2006	China n = 17; 70 - 82 J	1537 $\pm$ 37	106 $\pm$ 17	80,7 $\pm$ 15
Zhu et al. 2008	China n = 69; 70 - 90 J	1523 $\pm$ 46	107 $\pm$ 115	82,8 $\pm$ 20

<sup>1)</sup> eigene Berechnung nach Formel Kap 3.3. S 31f

Im Vergleich zeigt sich, dass nur das Männerkollektiv der Studie von Maggi et al. (2006) einen annähernd ähnlich hohen SI wie das GISELA-Männerkollektiv aufweist. Obwohl das Untersuchungskollektiv von Landin-Wilhelmsen et al. (2000) jünger ist als das GISELA-Männerkollektiv, lag bei diesen Männern ein niedrigerer SI vor, welches sich wahrscheinlich u. a. auch auf die geographische Lage des Landes (Nordeuropa) zurückführen lässt. Studien konnten belegen, dass die BMD von Personen aus Nordeuropa geringer ist als von Personen aus Mittel- oder Südeuropa (Lunt et al. 1997). Ebenfalls ist die Hüftfrakturinzidenz in Nordeuropa höher als in Südeuropa (Johnell et al. 1992). Der deutlich niedrigere SI-Messwert der schweizerischen Studie (Krieg et al. 1998) ist kann darauf zurückgeführt werden, dass bei dieser Untersuchung die Probanden alle in einer Einrichtung wohnhaft waren und diese mit den mobilen, selbstständig lebenden GISELA-Probanden nicht direkt verglichen werden können. Die asiatischen Studien (Assantachai et al. 2006, Liu et al. 2006, Zhu et al. 2008) weisen wie bereits schon bei den Frauen einen deutlich niedrigeren SI-Messwert auf. Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Frauen- und besonders das Männerkollektiv der GISELA-Studie im internationalen Vergleich einen sehr hohen SI aufweist, welches auf einen dem Alter entsprechenden sehr guten calcanealen Knochenstatus schließen lässt.

### QUS-Parameter und Alter

Wie in Kap. 2.2.1 (S 8) dargestellt, zeigt die Literatur in Frauenkollektiven einstimmig einen negativen Zusammenhang zwischen dem calcanealen Knochenstatus und dem Alter. Über eine Korrelationsanalyse, die den Zusammenhang zwischen zwei Variablen berechnet, können aber keine Aussagen getroffen werden, ob die unabhängige Variable, in diesem Fall das Alter, einen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus hat, da der Einfluss anderer Faktoren und Confounder nicht berücksichtigt wird, und wenn ja, wie groß dieser ist. Desweiteren können über Korrelationsanalysen keine kausalen Zusammenhänge erschlossen werden. Hierfür sind Regressionsanalysen eher geeignet. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der Diskussion bei allen Parametern auf den Ergebnissen der Regressionsanalyse und nicht auf den Ergebnissen der Korrelationsanalysen. Diese hat bei dieser Arbeit nur einen einführenden Charakter.

Das GISELA-Ergebnis stimmt mit dem der Literatur überein, dass ein negativer Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem Alter bei Frauen vorliegt. In dieser Untersuchung konnte zwischen dem Alter und dem SI eine mittlere Korrelation, wie auch Heldan de Moura Castro et al. (2000), ermittelt werden.

In der ersten multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Kap. 4.3, S 76ff) erweist sich das Alter als einer der beiden Haupteinflussfaktoren auf die QUS-Parameter im Frauenkollektiv. Der Einfluss des Alters auf SOS, BUA und SI variiert je nach Modell und QUS-Parameter zwischen 3 und 20 %. Besonders auffällig ist, dass der Einfluss des Alters auf die BUA von 14 % im Modell 1 auf 4 bzw. 3 % im Modell 2 und 3 abfällt, nicht aber bei der SOS und dem SI. Dies weist darauf hin, dass die Körpermasse und im Speziellen die fettfreie Masse die Knochenstruktur des Calcaneus und damit die Ultraschallabschwächung stärker beeinflussen als das Alter, während es bei der SOS und dem SI anscheinend umgekehrt ist.

Das Alter stellt in den multiplen linearen Regressionsanalysen anderer Untersuchungen ebenfalls einen der wichtigsten Einflussfaktoren auf SOS, BUA und SI bzw. QUI dar (Adami et al. 2003, Blanchet et al. 2003, Heldan de Moura Castro et al. 2000, Liu et al. 2006, Saadi et al. 2003, Trovas et al. 2009, Welch et al. 2004, Yamaguchi et al. 2000). Detaillierte Zahlen zum Einfluss des Alters auf die QUS-Parameter sind aus den Studien nicht zu entnehmen, so dass kein Vergleich mit den GISELA-Werten erfolgen kann.

In der Literatur zeigen sich übereinstimmende Ergebnisse hinsichtlich der Frage, ab welcher Altersdekade die SOS-, BUA- und SI-Messwerte bei Frauen abnehmen. Heldan de Moura

Castro et al. (2000) beobachteten in ihrem Kollektiv, dass die SOS über die gesamte Altersspanne (20 - 84 Jahre) um 5,4 % abnahm, davon 70,3 % im Alter zwischen 45 und 49 Jahren. Bei der BUA waren es 16 %, davon etwa 88 % zwischen 45 und 49 Jahren und beim SI 41 %, davon 76,4 % zwischen 45 und 49 Jahren. Ähnliche prozentuale Abnahmen zeigen sich in der Untersuchung von Hadji et al. (2001). Bei einer Altersspanne von 15 - 89 Jahre nahm die SOS um 5 %, die BUA um 22 % und der SI um 38 % ab. Bei der genaueren Betrachtung, ab welchem Alter die Messwerte deutlich absinken, zeigt sich bei dieser Studie, dass die SOS ab dem 40. Lebensjahr, die BUA und der SI ab dem 50. Lebensjahr abnimmt. Ähnliche Ergebnisse konnten auch Landin-Wilhelmsen et al. (2000) (25 - 82 Jahre), Liu et al. (2006) (10 - 83 Jahre), Trovas et al. (2009) (29 - 90 Jahre) und VanderJagt et al. (2004) (16 - 89 Jahre) beobachten.

Saadi et al. (2003) (20 - 75 Jahre) und Canhão et al. (2008) (18 - 92 Jahre) beobachteten eine deutliche Abnahme von SOS, BUA und QUI ab dem 50. Lebensjahr.

Untersuchungen, bei denen die BMD mittels DXA gemessen wurde, zeigen das gleiche Bild wie die oben beschriebenen QUS-Studien. So beobachteten Looker et al. (2009) im Rahmen des *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES;  $\geq 20$  Jahre), Emaus et al. (2009) im Rahmen der Tromsø-Studie (30 - 89 Jahre) und Cui et al. (2007) (19 - 80 Jahre) in ihren Frauenkollektiven eine deutliche Abnahme der BMD Gesamtkörper, Femur Neck, Gesamthüfte und Calcaneus ab dem 50. Lebensjahr.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es unabhängig von der verwendeten Messmethode (QUS oder DXA) und der ethnischen Herkunft der Frauen ab dem 40. Lebensjahr bis Anfang des 50. Lebensjahres zu einer deutlichen Abnahme des calcanealen Knochenstatus bzw. der BMD kommt. Die Abnahme in dieser Dekade ist jedoch nicht alleine auf das Alter zurückzuführen, sondern wird verursacht durch eine Kombination aus Alter und beginnender Menopause. Der Einfluss der Menopause auf den calcanealen Knochenstatus wird in Kap. 5.7, S 110ff diskutiert.

Zwischen der GISELA-Studie und Literatur der zeigen sich nicht konforme Ergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs QUS-Parameter und Alter bei Männern. Während die Literatur einen negativen Zusammenhang beobachtet (s. Kap. 2.2.1, S 8ff), kann in dieser Studie kein Zusammenhang ermittelt werden.

Die inkonsistenten Ergebnisse zwischen der GISELA-Studie und der Literatur könnten mit den unterschiedlichen Altersbereichen der Kollektive erklärt werden. Während der

Altersbereich bei den Männern der GISELA-Studien nur zwischen 62 und 88 Jahren (Altersspanne 26 Jahre) liegt, beträgt die Altersspanne bei Landin-Wilhelmsen et al. (2000) 39 Jahre (Altersbereich: 25 bis 64 Jahre), bei Liu et al. (2006) 72 Jahre (Altersbereich: 10 bis 82 Jahre), bei Zhu et al. (2008) ebenfalls 72 Jahre (Altersbereich: 18 bis 90 Jahre) und bei Pye et al. (2010) ebenfalls 39 Jahre (Altersbereich: 40 bis 79 Jahre).

Ein Zusammenhang zwischen dem Alter und den QUS-Parametern bei Männern scheint somit erst bei einer ausreichend großen Altersspanne erkennbar zu sein.

Unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich BMD und Alter sind auch in den DXA-Studien zu beobachten. Untersuchungen, bei denen das Studienkollektiv eine große Altersspanne aufzeigte (Atalar et al. 2009, Altersspanne 55 Jahre (20 - 75 Jahre); Cheung et al. 2005, Altersspanne: 46 Jahre (50 - 96 Jahre), El Maghraoui et al. 2010, Altersspanne: 59 Jahre (20 - 79 Jahre); Lim et al. 2004, Altersspanne: 45 Jahre (45 - 90 Jahre)), konnten zwischen der BMD LWS (L1-4 bzw. L2-4), Femur Neck, Gesamthüfte bzw. Calcaneus einen eindeutig negativen Zusammenhang zum Alter ermitteln. Benetos et al. (2009), dessen Untersuchungskollektiv eine Altersspanne von 25 Jahren (60 - 85 Jahre) aufwies, stellte einen negativen Zusammenhang zwischen dem T-Score BMD Femur Neck und dem Alter fest, nicht aber zwischen dem T-Score BMD LWS (L1-4) und dem Gesamtkörper mit dem Alter. Obwohl die Altersspanne des Männerkollektivs von Kirchengast et al. (2001) (60 - 86 Jahre) und die der GISELA-Studie identisch ist (26 Jahre), konnten Kirchengast et al. (2001) trotz der geringen Altersspanne im Vergleich zu Atalar et al. (2009) und El Maghraoui et al. (2010) einen negativen Zusammenhang zwischen dem Alter und der BMD Gesamthüfte ermitteln.

Die Problematik der Altersspanne bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem Alter und der BMD scheint bei den DXA-Studien nicht ganz so stark ausgeprägt zu sein wie bei den QUS-Studien. Ob dies an den unterschiedlichen Messverfahren und -orten liegt, ist nur bei einem direkten Messvergleich der beiden Methoden am gleichen Kollektiv zu klären.

Das Alter stellt im GISELA-Männerkollektiv bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse (s. Kap. 4.2.1, S 44 ff) keinen Einflussfaktor auf die drei QUS-Parameter dar, so dass diese Variable auch nicht in die weiterführende multiple lineare Regressionsanalyse aufgenommen wurde.

Demgegenüber kommen sowohl europäische (Adami et al. 2003, Welch et al. 2004) als auch asiatische QUS-Studien (Liu et al. 2006, Zhu et al. 2008) in multiplen linearen Regressionsanalysen zu dem Ergebnis, dass das Alter auch bei Männern einen wichtigen

Einfluss auf SOS, BUA und SI hat. Erklärt könnten diese nicht konformen Ergebnisse wie schon oben ausgeführt mit den größeren untersuchten Altersspannen in diesen Studien im Vergleich zur GISELA-Studie (s. o.).

Während es bei den Frauen zu einer deutlichen Abnahme der QUS-Messwerte zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr kommt, ist bei den Männern ein anderes Bild zu beobachten. In der Untersuchung von Liu et al. (2006) zeigte sich als Ergebnis, dass die SOS-, BUA- und SI-Messwerte erst ab dem 60. Lebensjahr sichtbar abnahmen. Zu dem gleichen Ergebnis kommen auch Zhu et al. (2008) (10 - 90 Jahre).

Sosa et al. (2002) (18 - 99 Jahren) und Canhão et al. (2008) (19 - 86 Jahren) beobachteten dagegen in ihren Männerkollektiven keine deutliche Abnahme von SOS, BUA und QUI im höheren Alter. Auch Welch et al. (2004) (48 - 82 Jahre) stellten fest, dass die BUA-Messwerte des Männerkollektivs keine deutliche Abnahme im höheren Alter zeigen.

Bei den Untersuchungen, die mittels DXA die BMD an verschiedenen Messorten gemessen hatten, zeigt sich wie bei den QUS-Studien kein eindeutiges Ergebnis bezüglich des Alters, mit dem die BMD sichtbar abnimmt. Im Rahmen des NHANES ermittelten Looker et al. (2009) ( $\geq 20$  Jahre), dass die BMD Gesamtkörper im Männerkollektiv ab dem 60. Lebensjahr leicht abfällt. Emaus et al. (2009) (30 - 89 Jahre) beobachteten am Femur Neck und an der Gesamthüfte einen leichten Rückgang der BMD ebenfalls ab dem 60. Lebensjahr. Ardawi et al. (2005) ermittelten im Gegensatz zu Emaus et al. (2009) am Femur Neck keine deutliche Abnahme der BMD über die Altersspanne des Kollektivs (20 - 79 Jahre). Die BMD an der LWS (L2-4) nahm in diesem Kollektiv dagegen ab dem 70. Lebensjahr sichtbar ab.

Bezüglich der Frage, ab welchem Alter bei Männern eine deutliche Abnahme der QUS-Messwerte bzw. der BMD sichtbar ist, lässt sich festhalten, dass im Gegensatz zu den Frauen kein eindeutiges Alter bzw. keine eindeutige Altersdekade abzuleiten ist. Erklärt werden kann dies damit, dass bei Männern, im Gegensatz zu Frauen (s. Kap. 2.2.4, S 17ff), nach Erreichen der maximalen BMD Mitte des 20. bis Mitte des 30. Lebensjahres die BMD gleichmäßig um etwa 1 % pro Jahr abnimmt (Clarke und Khosla 2010, Dowson-Hughes 2006, Khosla und Riggs 2005). Der Übergang in die senile Osteoporose (Manifestationsalter  $> 70$  Jahre), welche gekennzeichnet ist von einem verminderten Knochenumsatz (low-turnover) im Gegensatz zu einem erhöhten Knochenumsatz (high-turnover) bei der postmenopausalen Osteoporose, ist dabei fließend, so dass kein eindeutiger Alterseffekt sichtbar ist (Pietschmann und Peterlik 1999). Entsprechend muss das Untersuchungskollektiv eine große

Altersspanne aufweisen, um einen Alterseffekt deutlich zu erkennen. Diese heterogene Altersspanne war im GISELA-Männerkollektiv jedoch nicht gegeben.

Abschließend kann festgehalten werden, dass bei den Frauen in dieser Untersuchung das Alter den calcanealen Knochenstatus negativ beeinflusst, während bei den Männern dies nicht beobachtet werden konnte. Begründet werden kann dies in der homogenen Altersspanne der Männer.

### **5.5 QUS-Parameter und anthropometrische Parameter**

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der GISELA-Studie hinsichtlich des Einflusses der anthropometrischen Parameter auf die QUS-Parameter diskutiert werden. Zunächst wird auf die Körpergröße eingegangen, gefolgt von der Körpermasse, dem BMI und der WHR. Die Diskussion erfolgt wiederum getrennt nach Frauen und Männern.

#### Körpergröße

In der vorliegenden Untersuchung wurde in der Korrelationsanalyse ein positiver Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße ermittelt werden. Dieses Ergebnis ist konform mit dem von Helder de Moura Castro et al. (2000), Saarelainen et al. (2007) und Trovas et al. (2009).

In der multiplen linearen Regressionsanalyse stellt die Körpergröße in dieser Studie keinen Einflussfaktor auf die BUA und den SI dar, sowohl in der ersten multiplen linearen Regressionsanalyse mit der Variable Alter (s. Tab. 4.49, S 78) als auch in der zweiten mit der Variable postmenopausale Jahre (s. Tab. 4.50, S 80). Da die Körpergröße bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse keinen Einflussfaktor auf die SOS darstellte, wurde sie auch nicht in das Modell 2 der SOS in den beiden multiplen linearen Regressionsanalysen aufgenommen.

Dieses Ergebnis ist konform mit den Resultaten von Liu et al. (2006) sowie von Adami et al. (2003). Beide Arbeitsgruppen konnten ebenfalls keinen Einfluss der Körpergröße auf die QUS-Parameter in der multiplen linearen Regressionsanalyse beobachten. Zu einem anderen Ergebnis kommen dagegen Welch et al. (2004). Sie stellten in der multiplen Regressionsanalyse mit den Variablen Alter, Körpermasse und Körpergröße fest, dass die Körpergröße ein positiver Einflussfaktor auf die BUA darstellt. Die SOS wurde in dieser Untersuchung nicht bestimmt. Auch wenn es bisher nur wenige Untersuchungen an älteren Frauen gibt, die den Einfluss der Körpergröße auf den calcanealen Knochenstatus

untersuchten, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Körpergröße bei älteren Frauen nur eine untergeordnete Rolle für den calcanealen Knochenstatus spielt.

Im Männerkollektiv konnte im Gegensatz zu den Frauen kein Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße beobachtet werden. Dieses Ergebnis kann nur von zwei Untersuchungen (Babaroutsi et al. 2005a, Zhu et al. 2008) bestätigt werden.

Da die Körpergröße bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse im Männerkollektiv keinen Einfluss auf die QUS-Parameter zeigte, wurde diese Variable somit auch nicht in die weiterführende multiple lineare Regressionsanalyse aufgenommen.

Andere QUS-Studien kamen hinsichtlich des Einflusses der Körpergröße auf SOS, BUA und SI zu folgenden Ergebnissen: Adami et al. (2003) konnten sowohl in der univariaten als auch in der multiplen linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss der Körpergröße auf den SI beobachten. Auch Landin-Wilhelmsen et al. (2000) und Liu et al. (2006) ermittelten keinen Einfluss dieses anthropometrischen Parameters auf alle drei QUS-Parameter. Welch et al. (2004) stellten dagegen in der multiplen Regressionsanalyse einen Einfluss der Körpergröße auf die BUA fest; die SOS wurde wieder nicht erfasst. Wie bei den Frauen deuten die Ergebnisse auch bei den Männern darauf hin, dass die Körpergröße bei älteren Männern nur eine untergeordnete Rolle für den calcanealen Knochenstatus spielt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Körpergröße bei beiden Geschlechtern in dieser Studie keinen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus besitzt. Um zu bestätigen, dass die Körpergröße auf den calcanealen Knochenstatus nur eine untergeordnete Rolle spielt, sind weitere Untersuchungen an Senioren notwendig.

### Körpermasse

Die GISELA-Studie und die Literatur (s. Kap. 2.2.2, S 8ff) kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass zwischen der Körpermasse und den QUS-Parametern ein positiver Zusammenhang besteht. Auffällig ist jedoch die große Spannweite der berechneten Korrelationskoeffizienten. Die unterschiedlichen Körpermassen der Kollektive als mögliche Erklärung scheint jedoch nicht der Hauptgrund zu sein. Sowohl das Kollektiv von Saarelainen et al. (2007) als auch das Kollektiv von Stewart et al. (2006) weisen eine vergleichbare Körpermasse mit dem Frauenkollektiv dieser Untersuchung auf. Der berechnete SI-Korrelationskoeffizient liegt aber unter dem der GISELA-Probandinnen. Kitagawa und Nakahara (2008) berechneten dagegen für ihr Frauenkollektiv einen ähnlich hohen SI-



Korrelationskoeffizienten wie diese Studie, obwohl die Frauen um die 15 kg weniger Körpermasse aufwiesen als die Frauen von Saarelainen et al. (2007) und Stewart et al. (2006). Die große Spannweite kann also nicht allein durch die Körpermasse begründet werden, sondern muss noch von weiteren Faktoren abhängig sein. Da sich die Körpermasse aus fettfreier Masse und Fettmasse zusammensetzt und darüber wieder Aussagen getroffen werden können über z. B. die körperliche/sportliche Aktivität oder den Ernährungsstatus einer Person, welche wiederum den Knochenstatus im Allgemeinen beeinflussen, stellt die Körpermasse somit einen Parameter dar, der sich aus mehreren Einzelkomponenten zusammensetzt. Welche dieser Faktoren für die große Spannweite verantwortlich sind, lässt sich jedoch mit einer einfachen Korrelationsanalyse nicht klären.

Die Körpermasse erweist sich im Frauenkollektiv sowohl in der ersten (s. Tab. 4.49, S 78) als auch in der zweiten multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Tab. 4.50, S 80) als ein bedeutender Einflussfaktor auf alle drei QUS-Parameter. Auffallend ist der besonders große Einfluss auf die BUA und somit auf die Ultraschallabschwächung (18 % bzw. 19 %), während der Einfluss auf die Ultraschallgeschwindigkeit, also der SOS, deutlich geringer ist (3 % bzw. 6 %). Der Einfluss der Körpermasse auf den Kombinationsparameter SI ist in den beiden Regressionsanalysen sehr unterschiedlich. Während in der ersten Regressionsanalyse nur 4 % der Varianz des Modells 2 auf die Körpermasse zurückgehen, sind es in der zweiten Regressionsanalyse im Modell 2 19 %. Erklärt werden kann dies damit, dass im Modell 2 des SI unter den eingeschlossenen Variablen Alter, Körpermasse und Körpergröße das Alter den größten Einfluss auf den SI besitzt und nicht die Körpermasse, während in der zweiten multiplen linearen Regressionsanalyse die Variable postmenopausale Jahre im Vergleich zur Körpermasse nur einen untergeordneten Einflussfaktor darstellt (s. Kap. 5.7, S 110f).

Adami et al. (2003), Hans et al. (1995), Liu et al. (2006) und Welch et al. (2004) zeigen in den multiplen linearen Regressionsanalysen ihrer Studien gleiche Ergebnisse wie die GISELA-Studie: Die Körpermasse stellt einen positiven Einflussfaktor auf die QUS-Parameter und somit auf den calcanealen Knochenstatus dar.

Im GISELA-Männerkollektiv konnte zwischen den QUS-Parametern und der Körpermasse, wie auch bei den Frauen, ein positiver Zusammenhang ermittelt werden. Dieses Ergebnis ist konform mit Babaroutsi et al. (2005a) und Liu et al. (2006), nicht aber mit Landin-Wilhelmsen et al. (2000) und Zhu et al. (2008). Die unterschiedlichen Ergebnisse können wie bei den Frauen nicht nur allein auf eine geringere Körpermasse der Kollektive zurückgeführt

werden, sondern gehen wahrscheinlich auch auf die Faktoren zurück, die die Körpermasse selbst bestimmen (s. o.). So konnten Landin-Wilhelmsen et al. (2000) keinen Zusammenhang erkennen, obwohl sich die Körpermasse zwischen deren Männern und den GISELA-Männern kaum unterscheidet. Trotz der etwa gleich großen Körpermasse der Kollektive von Zhu et al. (2008) und Liu et al. (2006), die gut 20 kg weniger beträgt als die des GISELA-Männerkollektivs, konnte Zhu et al. (2008) keinen Zusammenhang zwischen der Körpermasse und dem SI beobachten, Liu et al. (2006) dagegen schon.

Aus der multiplen linearen Regressionsanalyse geht hervor, dass die Körpermasse, wie auch bei den Frauen, einen bedeutenden Einflussfaktor auf die QUS-Parameter BUA und SI darstellt (s. Tab. 4.51, S 82). Auf die SOS dagegen zeigte die Körpermasse bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss.

Adami et al. (2003) konnte ebenfalls in der multiplen linearen Regressionsanalyse feststellen, dass die Körpermasse bei Männern einen Einfluss auf den SI besitzt. Das gleiche Ergebnis zeigte auch die Untersuchung von Liu et al. (2006). Wie die GISELA-Studie konnte diese Arbeitsgruppe ebenfalls einen Einfluss auf die BUA, aber nicht auf die SOS beobachten. Die Körpermasse scheint somit bei den Männern alleine die Ultraschallabschwächung zu beeinflussen, während die Ultraschallgeschwindigkeit von der Körpermasse nicht beeinflusst wird. Ein ähnliches Bild war auch bei den Frauen zu sehen. Einen positiven Einfluss der Körpermasse auf die BUA ermittelten ebenfalls Welch et al. (2004) in der multiplen linearen Regressionsanalyse. Die SOS wurde in dieser Studie nicht untersucht.

Abschließend kann festgehalten werden, dass bei beiden Geschlechtern in dieser Studie die Körpermasse ein bedeutender Einflussfaktor auf den calcanealen Knochenstatus darstellt. Douchi et al. (1997) begründen den positiven Einfluss der Körpermasse folgendermaßen: Zum einen ist bei übergewichtigen Personen der Körper- und Knochenumfang größer als bei schlanken Personen und zum anderen ist der mechanische Druck auf den Knochen bei übergewichtigen Personen größer als bei Schlanken. Dieser aktiviert wiederum die Osteoblasten, zusätzliche Knochenmasse aufzubauen (Korpelainen et al. 2006).

Da sich die Körpermasse aus den beiden Komponenten fettfreie Masse und Fettmasse zusammensetzt, stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob die Körpermasse selbst den positiven Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus ausübt oder ihre beiden Komponenten bzw. sogar nur einer der beiden Komponenten. Diese Thematik wird im Kap. 5.6, S 105ff diskutiert.

### Body Mass Index

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse, dass bei Frauen zwischen dem BMI und den QUS-Parametern ein positiver Zusammenhang besteht, ist mit der Literatur (s. Kap. 2.2.2, S 8ff) weitgehend konform.

Sowohl in der ersten multiplen linearen Regressionsanalysen mit der Variable Alter (s. Tab. 4.49, S 78) als auch in der zweiten mit der Variable postmenopausale Jahre (Tab. 4.50, S 80) stellt der BMI einen Einflussfaktor auf SOS, BUA und SI dar. Auffallend ist jedoch, dass der BMI je nach QUS-Parameter in der Regressionsanalyse mit der Variablen Alter nur 2 - 3 % der Varianz erklärt, während in der Regressionsanalyse mit der Variablen postmenopausale Jahre der Einfluss auf SOS, BUA und SI zwischen 6 und 11 % liegt. Der BMI hat somit, wie es bereits bei der Körpermasse zu beobachten war, im direkten Vergleich innerhalb dieser Studie einen größeren Einfluss auf die QUS-Parameter als die Variable postmenopausale Jahre. Wie bereits im Kapitel Körpermasse erwähnt, wird dieses Ergebnis im Kap. 5.7 (S 110ff) diskutiert.

Die Literatur zeigt hinsichtlich des Einflusses des BMI auf die QUS-Parameter ein inkonsistentes Bild. Der BMI als wichtiger Einflussfaktor auf SOS, BUA und SI bzw. QUI und somit auf den calcanealen Knochenstatus zeigt sich ebenfalls in den multiplen linearen Regressionsanalysen von Babaroutsi et al. (2005b), Blanchet et al. (2003), Helden de Moura Castro et al. (2000), Kitagawa und Nakahara (2008), Saadi et al. (2003), Welch et al. (2004) und Yamaguchi et al. (2000). Adami et al. (2003) und Liu et al. (2006) konnten dagegen keinen Einfluss des BMI auf SOS, BUA und SI beobachten und Trovas et al. (2009) nur bei der Altersgruppe 50 - 59 Jahre, nicht aber in den Gruppen 60 - 69, 70 - 79 und  $\geq 80$  Jahre.

Im Gegensatz zu den fast übereinstimmenden Ergebnissen bezüglich des Zusammenhangs zwischen den QUS-Parametern und dem BMI zwischen der GISELA-Studie und der Literatur bei den Frauen zeigt sich bei den Männern keine Übereinstimmung im Ergebnis zwischen dieser Untersuchung und der Literatur (s. Kap. 2.2.2, S 8ff), d. h. keine QUS-Studie ermittelte in der Korrelations-analyse ebenfalls einen positiven Zusammenhang.

Aus der multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Tab. 4.51, S 82) geht hervor, dass der BMI bei den Männern einer der Haupteinflussfaktoren auf die BUA und den SI darstellt. Wie auch schon die Körpermasse zeigte der BMI bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse dagegen keinen Einfluss auf die SOS. Im Vergleich mit den Frauen ist auffällig, dass der Einfluss des BMI auf die BUA bei den Männern dreimal höher ist (3 % vs. 9 %). Die

Ursachen für diesen Unterschied können zum einen darin liegen, dass die Männer eine höhere Körpermasse als die Frauen aufweisen. Im vorherigen Kapitel wurde bereits festgehalten, dass die Körpermasse einen bedeutenden Einflussfaktor auf den calcanealen Knochenstatus darstellt, so dass sich der höhere Einfluss des BMI auf den Knochenstatus bei den Männern auf die höhere Körpermasse zurückführen lässt. Weiterhin setzt sich die Körpermasse der Männer aus einem höheren Anteil an fettfreier Masse und geringeren Anteil an Fettmasse im Vergleich zu den Frauen zusammen, welches bei den Gründen für diesen Unterschied ebenfalls berücksichtigt werden muss. Diese Thematik der Körperzusammensetzung auf den calcanealen Knochenstatus wird im Kap. 5.6 diskutiert. Zudem kann der BMI von Männern neben der Körpermasse und somit auch der Körperzusammensetzung zusätzlich von anderen direkten oder indirekten Faktoren, wie z. B. Lebensstilfaktoren (z. B. Vitamin D-Status, körperliche Aktivität) oder Ernährungsgewohnheiten, beeinflusst werden, welche wiederum Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus haben und somit den positiven Einfluss des BMI erhöhen.

Die Ergebnisse der Literatur hinsichtlich des Einflusses des BMI auf die QUS-Parameter bzw. den calcanealen Knochenstatus sind nicht konsistent. Welch et al. (2004) konnte anhand der multiplen linearen Regressionsanalyse ebenfalls ermitteln, dass der BMI Einfluss auf den QUS-Parameter BUA besitzt. Zu ganz anderen Ergebnissen kommen dagegen die Studien von Adami et al. (2003) und Liu et al. (2006). Sie beobachteten, wie bereits bei den Frauen, in der multiplen linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss des BMI auf den calcanealen Knochenstatus.

Der BMI scheint jedoch nicht nur den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD positiv zu beeinflussen, auch wenn die Ergebnislage hierfür besonders bei den Männern noch nicht ausreichend ist, sondern stellt auch einen Prädiktor für das Frakturrisiko dar. In einer Meta-Analyse von 12 prospektiven Studien (u. a. Rotterdam Studie und *European Prospective Osteoporosis Study*) beobachteten De Laet et al. (2005), dass das altersadjustierte Risiko für Frakturen bei nicht Vorhandensein von Informationen über die BMD mit abnehmenden BMI steigt, während ein hoher BMI protektiv wirkt. Dieses Ergebnis beobachtete die Arbeitsgruppe sowohl bei Frauen als auch bei Männern, wobei sich die ermittelten Werte für das Relative Risiko (RR) zwischen den beiden Geschlechtern nicht voneinander unterschieden. Pro 1 kg/m<sup>2</sup> zunehmenden BMI wurde ein abnehmendes RR von 0,98 für allgemeine Frakturen, für osteoporotische Frakturen von 0,97 und für Hüftfrakturen von 0,93

ermittelt. De Laet et al. (2005) ziehen als Schlussfazit ihrer Meta-Analyse, dass ein niedriger BMI ein Frakturrisiko, unabhängig vom Geschlecht, darstellt, besonders für Hüftfrakturen. Der in der GISELA-Studie bei den Frauen und Männern beobachtete positive Einfluss des BMI auf den calcanealen Knochenstatus geht wahrscheinlich auf die Körpermasse zurück. Auf die Beziehung zwischen dem calcanealen Knochenstatus und den beiden Komponenten der Körpermasse, die fettfreie Masse und die Fettmasse, wird im übernächsten Kapitel näher eingegangen.

### Waist-Hip-Ratio

Im GISELA-Frauenkollektiv konnte zwischen der WHR und den QUS-Parametern kein Zusammenhang ermittelt werden (s. Kap. 4.2.2.4, S 60). Aus diesem Grund wurden auch keine weiterführenden statistischen Auswertungen durchgeführt.

Das Ergebnis dieser Untersuchung ist konform mit denen von Landin-Wilhelmsen et al. (2000) und Babaroutsi et al. (2005b). Weitere Studien, die einen Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der WHR untersuchten, sind der Autorin nicht bekannt.

Der Autorin dieser Arbeit ist nur eine Studie bekannt, die den Einfluss der WHR bei Frauen auf den calcanealen Knochenstatus untersuchte. Lin et al. (2001) ermittelten dabei in ihrer Untersuchung, dass sich in einer multiplen logistischen Regressionsanalyse die WHR als negativer Prädiktor des SI erwies.

Bei den Männern zeigt sich ebenfalls kein Zusammenhang zwischen der WHR und der SOS, der BUA und dem SI (s. Kap. 4.2.2.4, S 60). Somit wurden wiederum keine weiteren statistischen Berechnungen durchgeführt.

Wie bei den Frauen gibt es nur wenige QUS-Untersuchungen an Männern, die die QUS-Parameter in Bezug auf die Variable WHR untersuchten. Das Ergebnis der GISELA-Studie wird von Landin-Wilhelmsen et al. (2000) nur bei der BUA bestätigt, bei der SOS und dem SI ermittelte die schwedische Untersuchung dagegen einen negativen Zusammenhang. Babaroutsi et al. (2005a) kommen wie auch die GISELA-Studie zu dem Ergebnis, dass es in ihrem Männerkollektiv keinen Zusammenhang zwischen WHR und SOS, BUA und QUI gibt.

Wie bei den Frauen beobachteten Lin et al. (2001) auch bei den Männern in einer multiplen logistischen Regressionsanalyse einen negativen Einfluss der WHR auf den SI. Weitere Untersuchungen an Männern bezüglich dieser Thematik sind der Autorin nicht bekannt.

Wie in Kap. 2.2.2 (S 8ff) bereits beschrieben, stellt die WHR einen Index für das Fettverteilungsmuster dar, wobei Personen mit viszeraler Fettverteilung ein höheres Risiko für bestimmte Krankheiten haben als Personen mit peripherer Fettverteilung. Bisher weist jedoch nur eine Studie (Lin et al. 2001) einen negativen Einfluss der WHR auf den calcanealen Knochenstatus nach. Somit können derzeit noch keine Aussagen getroffen werden, dass eine viszerale Fettverteilung nicht nur das Risiko für Hyperlipidämien, Hypertonie und Diabetes mellitus Typ 2, sondern auch für einen verminderten Knochenstatus im Allgemeinen erhöht.

In der GISELA-Studie wurde sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern kein Zusammenhang zwischen der WHR und dem calcanealen Knochenstatus beobachtet. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die WHR des Frauenkollektivs mit 0,85 genau dem WHO-Grenzwert entspricht und die WHR des Männerkollektivs mit 0,95 nur gering über dem WHO-Grenzwert liegt, so dass ein möglicher Effekt der WHR auf den calcanealen Knochenstatus zu klein ist, um ihn zu erfassen.

In der abschließenden Zusammenfassung kann festgehalten werden, dass unter den hier untersuchten anthropometrischen Parametern die Körpermasse und der BMI bei beiden Geschlechtern bedeutende Einflussfaktoren auf den calcanealen Knochenstatus darstellen, während die Körpergröße in der abschließenden multiplen linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss mehr hatte. Bei der WHR konnte bereits in der Korrelationsanalyse kein Zusammenhang mit den QUS-Parametern und somit dem calcanealen Knochenstatus ermittelt werden. Bei der genauen Betrachtung, welcher der beiden anthropometrischen Parameter den größeren Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus ausübt, zeigt sich bei den Frauen das eindeutige Bild, dass die Körpermasse im Vergleich zum BMI den größeren Einfluss aufweist. Dieses Ergebnis ist konform mit dem Ergebnis der Untersuchung von Robbins et al. (2006), welche die Studien *Women's Health Initiative*, *Cardiovascular Health Study* und *The Epidemiology of Osteoporosis Study* ebenfalls hinsichtlich dieser Fragestellung (bezogen auf BMD) untersuchten. Die Arbeitsgruppe kommt zu dem eindeutigen Ergebnis, dass die Körpermasse bei älteren Frauen alleine einen besseren Prädiktor für die BMD an allen drei Messorten (Gesamthüfte, Femur Neck und LWS) in allen drei Studien darstellte als der BMI. Sie kommen weiterhin zu dem Ergebnis, dass durch die Einbeziehung der Körpergröße in den BMI die BMD von großen Personen unterschätzt und von kleineren Personen überschätzt wird. Im Männerkollektiv der GISELA-Studie zeigt sich im Vergleich zum Frauenkollektiv

dagegen ein anderes Bild. Hier erweist sich der BMI als größerer Einflussfaktor. Der BMI korreliert im Allgemeinen mit dem Fettmassegehalt einer Person (Gallagher et al. 1996). Die Männer weisen aber einen höheren Anteil an fettfreier Masse auf als die Frauen, so dass der Einfluss des BMI bei den Männern nicht auf die Fettmasse sondern auf die fettfreie Masse zurückzuführen ist. Im folgenden Kapitel wird auf den Einfluss der Körperzusammensetzung auf den calcanealen Knochenstatus näher eingegangen.

## **5.6 QUS-Parameter und Körperzusammensetzung**

Wie im vorherigen Kapitel bereits erläutert, hat die Körpermasse bei beiden Geschlechtern einen positiven Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus. Da sich die Körpermasse aus fettfreier Masse und Fettmasse zusammensetzt, stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob beide Komponenten einen gleich großen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus ausüben oder ob von einer der beiden der Haupteinfluss ausgeht. Aufgrund des engen Zusammenhangs der beiden Komponenten erfolgt keine Diskussion, wie im vorherigen Kapitel, jedes einzelnen Parameters, sondern es werden beide Parameter gleichzeitig diskutiert.

In der vorliegenden Untersuchung konnte in der Korrelationsanalyse sowohl zwischen der fettfreien Masse als auch der Fettmasse und den QUS-Parametern ein positiver Zusammenhang ermittelt werden, wobei zwischen der fettfreien Masse und SOS, BUA und SI ein größerer Zusammenhang beobachtet werden kann als bei der Fettmasse. Dieses Ergebnis ist mit der Literatur nicht konform (s. Kap. 2.2.3, S 14ff). Die unterschiedlichen Ergebnisse können zum einen auf die jüngeren Kollektive im Vergleich zur GISELA-Studie, welches gleichzeitig eine andere Körperzusammensetzung bedeutet im Vergleich zu einem älteren Seniorenkollektiv, zurückgehen sowie auf die Verwendung unterschiedlicher Messmethoden.

Sowohl in der ersten (s. Tab. 4.49, S 78) als auch in der zweiten multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Tab. 4.50, S 80) dieser Arbeit erweist sich die fettfreie Masse neben dem Alter als bedeutendster Einflussfaktor auf die QUS-Parameter SOS, BUA und SI. Auffällig ist jedoch, dass der Einfluss der Variable fettfreie Masse in der zweiten Regressionsanalyse höher ist (je nach QUS-Parameter 7 bis 23 %) als in der ersten Regressionsanalyse (Einfluss 3 bis 21 %). Wahrscheinlich hängt dies mit der Variable postmenopausale Jahre in der zweiten Regressionsanalyse zusammen, deren Einfluss mit zunehmendem Alter abnimmt (s. Kap. 5.7, S 110ff) und im Gegenzug dazu andere Determinanten an Bedeutung gewinnen, welches besonders bei der BUA und dem SI zu erkennen ist.

Obwohl die Variable Fettmasse in der univariaten linearen Regressionsanalyse auf alle drei QUS-Parameter einen Einfluss zeigte, stellt die Fettmasse in beiden multiplen linearen Regressionsanalysen keinen Prädiktor mehr von SOS, BUA und SI dar.

Die GISELA-Studie zeigt mit diesem Ergebnis, dass die fettfreie Masse der alleinige Einflussfaktor auf den calcanealen Knochenstatus bei älteren Frauen unter den beiden Komponenten der Körperzusammensetzung, fettfreie Masse und Fettmasse, darstellt.

Bisherige QUS-Studien an postmenopausalen Frauen kamen zu dem Ergebnis, dass fettfreie Masse und Fettmasse gemeinsam den calcanealen Knochenstatus beeinflussen (Kroke et al. 2000) oder je nach QUS-Parameter einmal die fettfreie Masse und einmal die Fettmasse der Haupteinflussfaktor darstellt (Assanatachai et al. 2006). Auch DXA-Untersuchungen am Calcaneus ermittelten, dass sowohl die fettfreie Masse als auch die Fettmasse (Lim et al. 2004) bzw. nur die Fettmasse, nicht aber die fettfreie Masse (Cui et al. 2007) Einflussfaktoren auf die calcaneale BMD in der multiplen linearen Regressionsanalyse darstellen. Cui et al. (2007) untersuchten zudem den Zusammenhang zwischen BMD Femur Neck und Körperzusammensetzung und kamen wie Ho-Pham et al. (2010) und Sheng et al. (2011) zu dem Ergebnis, dass die fettfreie Masse und die Fettmasse Einflussfaktoren auf die BMD darstellen, wobei in allen drei Studien der größere Einfluss von der fettfreien Masse ausging.

Die GISELA-Studie ist somit die erste Untersuchung, in deren Frauenkollektiv der calcaneale Knochenstatus in Bezug auf die Körperzusammensetzung nur von der fettfreien Masse beeinflusst wird.

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse dieser Arbeit im Männerkollektiv hinsichtlich Körperzusammensetzung und QUS-Parameter stimmt nur teilweise mit dem Ergebnis der Untersuchung von Landin-Wilhelmsen et al. (2000) überein: Während im GISELA-Kollektiv im Gegensatz zu der schwedischen Studie zwischen der fettfreien Masse und dem SI ein positiver Zusammenhang ermittelt werden konnte, stimmen die Ergebnisse zwischen der Fettmasse und dem SI der beiden Untersuchungen (kein Zusammenhang) überein. Da in beiden Untersuchungen das gleiche QUS-Gerät eingesetzt wurde und die Körperzusammensetzung ebenfalls mittels BIA bestimmt wurde, könnten die unterschiedlichen Ergebnisse bei der fettfreien Masse zum einen, wie bei den Frauen, auf das unterschiedliche Alter der beiden Männerkollektive, welches sich in einer unterschiedlichen Körperzusammensetzung widerspiegelt, und zum anderen auf unterschiedliche Formeln zur Berechnung der fettfreien Masse zurückgeführt werden.



Aus der multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Tab. 4.51, S 82) geht hervor, dass die fettfreie Masse auch bei den Männern zu den Haupteinflussfaktoren auf die QUS-Parameter BUA und SI zählt. Der Einfluss auf BUA und SI ist dabei fast identisch (8 % bzw. 7 %).

Wie bei den Frauen stellt die Fettmasse keinen Prädiktor der BUA dar. Da die Fettmasse bereits in der univariaten linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss auf den SI zeigte, wurde diese Variable auch nicht in die multiple lineare Regressionsanalyse aufgenommen.

Somit geht auch bei den Männern der Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus von den beiden Komponenten der Körperzusammensetzung allein von der fettfreien Masse aus.

Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Studien hinsichtlich des Einflusses der Körperzusammensetzung auf den calcanealen Knochenstatus erfolgt die Diskussion zu den Ergebnissen der multiplen linearen Regressionsanalyse vergleichend mit DXA-Studien. Kirchengast et al. (2001) (BMD Gesamtkörper) und Lim et al. (2004) (BMD Calcaneus) konnten in ihren multiplen linearen Regressionsanalysen ebenfalls zeigen, dass von den beiden Komponenten der Körperzusammensetzung nur die fettfreie Masse einen Prädiktor darstellt, nicht aber die Fettmasse. Cui et al. (2007) ermittelten bei Männern über 50 Jahre an BMD LWS (L1-4) und Femur Neck das gleiche Ergebnis wie Kirchengast et al. (2001), bei der BMD Calcaneus beobachteten Cui et al. (2007) im Gegensatz zu Lim et al. (2004) neben dem Einfluss der fettfreien Masse auch einen Einfluss der Fettmasse.

Cui et al. (2007) schlussfolgern anhand ihrer Ergebnisse, dass es skelettspezifische Unterschiede gibt hinsichtlich des Einflusses der fettfreien Masse bzw. der Fettmasse. So zeigt bei älteren Männern und postmenopausalen Frauen (s. o.) die Fettmasse einen größeren Einfluss auf überwiegend trabekulär (Calcaneus) und nicht überwiegend kortikal (Femur Neck) aufgebauten Knochen. Cui et al. (2007) begründen ihre These damit, dass überwiegend trabekulär aufgebauter Knochen stärker auf Geschlechtshormone anspricht, welche im höheren Alter auch in der Fettmasse synthetisiert werden, wie Östrogen (s. u.), im Gegensatz zu überwiegend kortikal aufgebauten Knochen.

Diese These von Cui et al. (2007) kann von dieser Studie nicht bestätigt werden, obwohl beide Untersuchungen als Messort den Calcaneus als gewichtstragenden Knochen wählten. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern zeigte die Fettmasse in der abschließenden multiplen linearen Regressionsanalyse keinen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus, obwohl das GISELA-Kollektiv eine doppelt so hohe Fettmasse aufweist wie die postmenopausalen Frauen (30,7 kg vs. 16,8 kg) und die Männer  $\geq 50$  Jahre (25,4 kg vs. 12,9 kg) bei Cui et al. (2007). Die fettfreie Masse der GISELA-Probanden und der Probanden von Cui et al.

(2007) ist bei beiden Geschlechtern dagegen fast identisch. Dennoch konnten Cui et al. (2007) im Frauenkollektiv keinen Einfluss der fettfreien Masse, im Gegensatz zur GISELA-Studie, auf die BMD Calcaneus beobachten. Ob die unterschiedlichen Messmethoden (QUS vs. DXA) oder die unterschiedliche Herkunft der Probanden (Kaukasier vs. Asiaten) für die nicht konformen Ergebnisse verantwortlich sind, ist nur schwer zu klären.

In der Literatur werden verschiedene Ansätze diskutiert, inwiefern die fettfreie Masse den Knochenstatus im Allgemeinen positiv beeinflusst. Zum einen kann der positive Effekt der fettfreien Masse durch die enge Beziehung zwischen Muskelmasse und Skelettsystem erklärt werden. Durch die auftretenden mechanischen Belastungen, bedingt durch den Gravitationseffekt (äußere Kräfte) und der Muskelkontraktion (innere Kräfte) sowie den Druck- und Zugkräften, die durch Bewegung entstehen, wird der Knochen stimuliert, neue Masse zu bilden bzw. die Dichte zu erhöhen. Gleichzeitig kann eine hohe Muskelmasse als Ausdruck für eine hohe körperliche Aktivität gewertet werden, die neben der Ernährung eine wichtige Säule in der Prävention von Osteoporose darstellt (s. Kap.2.2.6, S 22ff; Bakker et al. 2003, Platen 1997). Zum anderen zeigte eine Studie, dass die Muskelmasse Aromatase-Aktivität besitzt und somit Androgene durch Aromatisierung in Östrogene umgewandelt werden können (Matsumine et al. 1986). Auf diesem Gebiet sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig. Auf die Bedeutung der Östrogene wird im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen.

Einige Untersuchungen konnten auch einen positiven Einfluss der Fettmasse auf den Knochenstatus beobachten. Dieser positive Effekt geht zum einen, wie bei der fettfreien Masse auch, auf den gewichtstragenden Effekt zurück, und zum anderen auf dessen endokrine Funktion. Neben der Synthese von inflammatorisch wirkenden Cytokinen, welche den Knochenstatus negativ beeinflussen (s. Kap. 2.2.2, Unterkapitel „Waist-Hip-Ratio“) werden vom Fettgewebe aber auch Hormone synthetisiert, die auf den Knochenstatus einen positiven Einfluss haben. So wird in den Adipozyten durch Aromatisierung von Androgenen Östrogen synthetisiert. Somit stellt das Fettgewebe bei Frauen nach der Menopause die wichtigste Quelle der Östrogenproduktion dar (Riggs et al. 2002). Desweiteren wird von den Adipozyten Leptin sezerniert, welches die Proliferation und Differenzierung der Osteoblasten steigert (Gordeladze et al. 2001). Studien belegen, dass die Leptinkonzentration im Blut positiv mit der BMD (LWS (L2-4), Femur Neck, Gesamtkörper) von postmenopausalen Frauen korreliert (Blain et al. 2002, Thomas et al. 2001, Yamauchi et al. 2001). Allerdings gibt es auch Studien, die keinen Effekt von Leptin auf den Knochenstoffwechsel beobachteten (Oguz et al.

2009, Sahin et al. 2003). Zudem reguliert Leptin die Osteoklastenaktivität, indem es in den *receptor activator of nuclear factor- $\kappa$ B*- (RANK), RANK- Liganden- und Osteoprotegerin-Stoffwechsel eingreift (Burguera et al. 2001, Holloway et al. 2002). Desweiteren steht eine hohe Fettmasse aufgrund einer auftretenden Insulinresistenz in Verbindung mit einer vermehrten Ausschüttung von Hormonen des Pankreas aus den  $\beta$ -Zellen. Insulin, Preptin und Amylin steigern die Osteoblastenaktivität und Amylin reduziert zusätzlich die Osteoklastenaktivität, so dass es zu einem Anstieg der Knochenmasse kommt (Cornish et al. 2008, Reid 2010).

Aufgrund der unterschiedlichen Ansatzpunkte, wie die fettfreie Masse und Fettmasse den Knochenstatus positiv beeinflussen könnte, stellen Coin et al. (2000) die zwei Hypothesen auf, dass unter den beiden Komponenten der Körperzusammensetzung bei den Männern der fettfreien Masse die bedeutendere Rolle zukommt, bei den postmenopausalen Frauen dagegen die endokrine Funktion der Fettmasse eine bedeutsamere Rolle spielt als die mechanische Belastung der Knochen durch die fettfreie Masse. Die erste Hypothese kann von dieser Arbeit bestätigt werden, die zweite Hypothese jedoch nicht. Die Fettmasse erwies sich in der vorliegenden Untersuchung in keiner der beiden multiplen linearen Regressionsanalysen als ein Prädiktor der drei QUS-Parameter, obwohl das GISELA-Frauenkollektiv, wie auch schon bei Cui et al. (2007; s. o.), eine höhere Fettmasse (30,7 kg vs. 21,3 kg) aufweist. Da beide Frauenkollektive etwa gleich alt sind, können die unterschiedlichen Ergebnisse nicht zu sehr auf das Alter zurückgeführt werden. Allerdings unterscheiden sich die Messmethoden (QUS vs. DXA), die Bestimmung der Körperzusammensetzung (BIA vs. DXA) und der Messort (Calcaneus vs. Femur Neck). Zudem stellten Coin et al. (2000) ihre Hypothese anhand der Ergebnisse einer Korrelationsanalyse und nicht einer Regressionsanalyse auf. Korrelationsanalysen geben allerdings nur eine Aussage darüber, ob ein Zusammenhang zwischen zwei Variablen vorliegt, aber nicht, ob die unabhängige Variable, in dem Fall fettfreie Masse und Fettmasse, einen Einfluss auf die abhängige Variable (BMD bzw. calcanealer Knochenstatus) zeigt. Ebenso können bei Korrelationsanalysen keine Einflussfaktoren/Confounder mitberücksichtigt werden, wie es bei einer multiplen Regressionsanalyse, die in dieser Arbeit verwendet wurde, möglich ist. Diese genannten Unterschiede können die Erklärung sein für die fehlende Bestätigung der Hypothese von Coin et al. (2000) bei postmenopausalen Frauen.

## 5.7 QUS-Parameter und gynäkologische Parameter

### Menarchealter

Im Frauenkollektiv der GISELA-Studie konnten bei den SOS-, BUA- und SI-Messwerten keine Unterschiede zwischen den Probandinnen mit früher und denen mit später Menarche beobachtet werden. Dieses Ergebnis ist konform mit der Untersuchung von Babaroutsi et al. (2005b).

Während bei den QUS- und DXA-Studien bis auf eine Ausnahme kein Zusammenhang bzw. niedrigere Messergebnisse bei einer späten Menarche beobachtet werden konnten, zeigt sich dagegen ein ganz anderes Bild bei den meisten Studien, die das Frakturrisiko im höheren Alter bei einer späten Menarche untersuchten. Fujiwara et al. (1997) ermittelten in ihrem Frauenkollektiv ein RR von 2,1 für eine Hüftfraktur bei Frauen, deren Menarche erst ab dem 17. Lebensjahr eintrat, ähnlich wie Roy et al. (2003) ein relatives Risiko (RR) von 1,8 für vertebrale Frakturen bei Frauen mit einer Menarche ab dem 16. Lebensjahr und Silman (2003) ein RR von 1,5 für eine *Colles* Fraktur bei einer Menarche ab dem 15. Lebensjahr beobachteten. Nevitt et al. (2005) konnten dagegen in ihrem Frauenkollektiv ein spätes Menarchealter nicht als Risikofaktor für eine vertebrale Fraktur identifizieren.

Jacobsen et al. (1998) untersuchten über einen Zeitraum von 29 Jahren, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen dem Menarchealter und dem Versterben an einer bzw. an den Folgen einer Hüftfraktur. Insgesamt wurden für die Studie 63 090 Frauen rekrutiert, wovon 465 an einer Hüftfraktur bzw. deren Folgen starben. Die Arbeitsgruppe beobachtete, dass in der Gruppe der 50- bis 79-Jährigen die Frauen mit einer späten Menarche ( $\geq 17$  Jahre) im Vergleich zu denjenigen mit einer relativ frühen Menarche ( $\leq 13$  Jahre) eine 2-fach höhere Mortalitätsrate aufwiesen. In der Gruppe der 80-Jährigen und Älteren konnten Jacobsen et al. (1998) dieses jedoch nicht feststellen. Die meisten der hier vorgestellten Untersuchungen kommen somit zu dem Ergebnis, dass ein spätes Menarchealter ein Risikofaktor für den allgemeinen Knochenstatus im Alter darstellt.

Unabhängig von den unterschiedlichen Ergebnissen werden derzeit zwei Möglichkeiten diskutiert, inwiefern das Menarchealter den Knochenstatus im Allgemeinen und damit auch das Frakturrisiko beeinflussen könnte. Zum einen steht der Körperbau, welcher mit einer frühen Menarche assoziiert ist, mit Faktoren in Verbindung, die den Knochenstatus positiv beeinflussen. So zeigten Studien, dass bei Mädchen, die größer und schwerer waren, die Menarche früher auftrat als bei kleineren und leichteren Mädchen (Freedman et al. 2002,

Morris et al. 2010). Der protektive Effekt einer höheren Körpergröße und -masse wurde bereits in Kap. 5.5, S 97ff diskutiert. Zum anderen steht eine frühe Menarche in Verbindung mit einer längeren Östrogenexpositionszeit, also die Zeit zwischen Menarche und Beginn der Menopause. Im folgenden Unterkapitel wird hierauf näher eingegangen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in der GISELA-Studie kein verminderter Knochenstatus bei einer späten Menarche im Vergleich zu Seniorinnen mit einer Menarche  $\leq 14$  Jahren beobachtet werden konnten, welches auch auf die geringe Probandenanzahl in dieser Gruppe ( $n = 39$ ) zurückgeführt werden kann. Da es bisher nur wenige Studien zu dieser Thematik gibt, sind weitere Untersuchungen notwendig, um eindeutig belegen zu können, dass eine späte Menarche ein eigenständiger Risikofaktor für einen allgemein reduzierten Knochenstatus im höheren Alter darstellt.

### Östrogenexpositionszeit

In der vorliegenden Untersuchung ist kein Zusammenhang zwischen der Östrogenexpositionszeit und allen drei QUS-Parametern und somit zum calcanealen Knochenstatus zu erkennen. Dieses Ergebnis ist konform mit dem Ergebnis der DXA-Studie von Gerdhem und Obrant (2004).

Aufgrund dessen, dass kein Zusammenhang zwischen der Östrogenexpositionszeit und allen drei QUS-Parametern ermittelt wurde, wurden mit dieser unabhängigen Variable auch keine weiterführenden statistischen Auswertungen durchgeführt.

Der Autorin dieser Arbeit ist nur eine QUS-Studie bekannt, die den Einfluss der Östrogenexpositionszeit auf den calcanealen Knochenstatus untersuchte. Drozdowska (2006) ermittelte den calcanealen Knochenstatus von postmenopausalen Frauen unter Berücksichtigung von osteoporotischen Frakturen. In der Gruppe der Frauen mit natürlicher Menopause und Frakturen erwies sich die Östrogenexpositionszeit in einer multiplen linearen Regressionsanalyse als positiver Prädiktor von SOS und SI, nicht aber von der BUA. In der Gruppe der Frauen mit natürlicher Menopause ohne Frakturen zeigte die Östrogenexpositionszeit dagegen keinen Einfluss auf SOS, BUA und SI.

Zu beachten ist bei dieser Untersuchung jedoch, dass das Kollektiv zum einen deutlich jünger war als die GISELA-Frauen und zum anderen, dass in der Gruppe der Frauen mit Frakturen neben der Östrogenexpositionszeit auch die postmenopausalen Jahre in die gleiche Berechnung mit eingeschlossen wurde und einen Prädiktor von SOS und SI darstellten.

Zwischen beiden Determinanten existiert jedoch eine Kollinearität, so dass eine Verzerrung des Ergebnisses in dieser Gruppe nicht ausgeschlossen werden kann.

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Studien vorgestellt, die den Einfluss der Östrogenexpositionszeit auf die BMD mittels DXA untersuchten.

Kritz-Silverstein und Barrett-Connor (1993) untersuchten, ob eine längere Östrogenexpositionszeit sich in einer höheren BMD LWS (L1-4) und Gesamthüfte widerspiegelt. Hierfür wurden die Probandinnen anhand ihrer Östrogenexpositionszeit in Tertile ( $< 30$  Jahre,  $30 - 39$  Jahre,  $\geq 40$  Jahre) eingeteilt. Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Reproduktionszeit die BMD LWS und Gesamthüfte ansteigt. In einer anschließenden multiplen linearen Regressionsanalyse erwies sich die Östrogenexpositionszeit als positiver Prädiktor der BMD LWS und Gesamthüfte. Hagemans et al. (2004) ermittelten ebenfalls in einer multiplen linearen Regressionsanalyse, dass in der Gruppe der postmenopausalen Frauen die Östrogenexpositionszeit ein positiver Prädiktor der BMD LWS (keine Angabe des Messbereichs) darstellt und 4,8 % der Variationen der BMD LWS erklärt. Zu dem gleichen Ergebnis wie die beiden vorherigen Untersuchungen kamen auch Grainge et al. (2001). Sie ermittelten in ihrem postmenopausalen Frauenkollektiv in ebenfalls einer multiplen linearen Regressionsanalyse, dass die Östrogenexpositionszeit einen positiven Einfluss auf die BMD Femur Neck und Gesamtkörper besitzt.

Sioka et al. (2010) untersuchten im Vergleich zu den anderen Studien das Auftreten von Osteoporose in Verbindung mit der Östrogenexpositionszeit. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, dass eine kurze Östrogenexpositionszeit (24 - 30 Jahre) mit einem häufigeren Auftreten von Osteoporose verbunden war als bei einer Reproduktionszeit von mehr als 30 Jahren.

Die Östrogenexpositionszeit berechnet sich aus der Differenz von Menarche- und Menopausenalter. Während das Menarchealter eindeutig zu bestimmen ist, ist die Festlegung eines genauen Menopausenalters und somit einer genauen Östrogenexpositionszeit bei einer natürlich eintretenden Menopause durch den Wechsel von einer regulären zu einer irregulären Menstruation während der menopausalen Übergangsphase erschwert. Die Genauigkeit des Menopausenalters scheint zudem im höheren Alter abzunehmen. So tendierten die Probandinnen in einer Untersuchung von Rödström et al. (2005) bei einer wiederholten Befragung ihres Menopausenalters den Eintrittszeitpunkt bei einer frühen Menopause ( $< 45$  Jahre) bzw. späten Menopause ( $> 55$  Jahre) zu über- bzw. zu unterschätzen. Bei der

Bestimmung der Östrogenexpositionszeit in einem älteren Frauenkollektiv sind deshalb Ungenauigkeiten bei den Angaben zur Menopause nicht auszuschließen, welches wiederum Einfluss auf die Ergebnisse hätte.

In dieser Untersuchung konnte kein Zusammenhang zwischen dem calcanealen Knochenstatus und der Östrogenexpositionszeit beobachtet werden. Aufgrund der geringen Anzahl an QUS-Studien ist eine Einordnung dieses Ergebnisses nicht möglich. Studien zur BMD beobachten dagegen übereinstimmend, dass eine längere Östrogenexpositionszeit die BMD positiv beeinflusst. Da der Einfluss vorwiegend bei jüngeren postmenopausalen Frauen beobachtet wurde, liegt die Vermutung nahe, dass die Bedeutung der Östrogenexpositionszeit für den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD mit zunehmendem Alter abnimmt. Um diese Vermutung jedoch zu bestätigen, sind mehr Untersuchungen mit älteren Frauenkollektiven notwendig.

### Postmenopausale Jahre

Die GISELA-Studie und die Literatur stimmen überein, dass zwischen dem calcanealen Knochenstatus und den postmenopausalen Jahren ein negativer Zusammenhang besteht. Wie Blanchet et al. (2003) und Kitagawa und Nakahara (2008) ermittelte diese Untersuchung einen schwachen Zusammenhang. Die berechnete hohe mittlere Korrelation bei Helderan de Moura Castro et al. (2000) könnte damit begründet werden, dass sich bei dieser Untersuchung eine größere Anzahl an Frauen in den ersten postmenopausalen Jahren befanden und somit dem schnellen postmenopausalen Verlust an trabekulärem Knochen ausgesetzt waren. Dadurch stehen die postmenopausalen Jahre in einer stärkeren inversen Beziehung zu den QUS-Parametern als bei Studien mit Probandinnen, die über diesen Zeitraum hinweg sind wie bei der GISELA-Studie oder bei Kitagawa und Nakahara (2008).

In der zweiten multiplen linearen Regressionsanalyse (s. Tab. 4.50, S 80) stellt die Variable postmenopausale Jahre einen negativen Einflussfaktor auf alle drei QUS-Parameter dar. Eine wichtige Fragestellung in diesem Zusammenhang ist, ob die Menopause und damit das Östrogendefizit bei der Frau oder der physiologisch altersbedingte Knochenabbau ursächlich für die Verschlechterung des Knochenstatus bei älteren Frauen ist, da mit zunehmenden postmenopausalen Jahren auch das Alter ansteigt. Im direkten Vergleich hinsichtlich des Einflusses der Faktoren Alter und postmenopausale Jahre auf SOS, BUA und SI zeigt das Alter auf alle drei QUS-Parameter in allen drei Modellrechnungen den größeren negativen Einfluss. Bei weiterer genauerer Betrachtung ist auffallend, dass sich in allen drei Modellen

die postmenopausalen Jahre nur bei der SOS als größter Einflussfaktor erweist, während dies bei der BUA und dem SI ein anthropometrischer Parameter (Modell 1: BMI; Modell 2: Körpermasse) bzw. die fettfreie Masse (Modell 3) ist.

Dieses Ergebnis lässt schließen, dass bei den Seniorinnen dieser Studie die Abnahme des calcanealen Knochenstatus mehr auf den Alterseffekt zurückzuführen ist und dass im Alter die protektiven Faktoren BMI, Körpermasse und fettfreie Masse einen größeren Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus haben als die Risikodeterminante postmenopausale Jahre.

Heldan de Moura Castro et al. (2000), die ebenfalls jeweils getrennte multiple lineare Regressionsanalysen mit den Variablen Alter und postmenopausale Jahre durchführten, beobachteten ein ähnliches Ergebnis, obwohl sich eine größere Anzahl an Frauen in den ersten postmenopausalen Jahren befanden und somit in der Phase des vermehrten Knochenabbaus waren. Wurde die Auswertung mit der Variablen Alter alleine oder zusammen mit der Variable Körpermasse bzw. BMI durchgeführt, erklärten diese Variablen eine höhere Varianz von SOS, BUA und SI als bei der Berechnung mit der Variablen postmenopausale Jahre. Die Differenz ist zwar nicht so groß wie bei der GISELA-Studie, aber es zeigt, dass das Alter selbst in einem Kollektiv mit älteren Frauen, bei denen sich noch einige in den ersten postmenopausalen Jahren befanden, bereits einen größeren negativen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus besitzt als die postmenopausalen Jahre.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die postmenopausalen Jahre den calcanealen Knochenstatus negativ beeinflussen. Der bei dieser Untersuchung ermittelte negative Einfluss ist jedoch mehr auf den Alterseffekt zurückzuführen als auf das Östrogendefizit, da sich die GISELA-Seniorinnen deutlich über der Phase des schnellen Abbaus von trabekulären Knochen der ersten postmenopausalen Jahre befanden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass in dieser Arbeit die gynäkologischen Faktoren Menarchealter und Östrogenexpositionszeit mit dem calcanealen Knochenstatus nicht im Zusammenhang stehen, während bei den postmenopausalen Jahren ein negativer Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus zu beobachten war. Insgesamt deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass in einem Kollektiv mit älteren Frauen die gynäkologischen Determinanten, bezogen auf den calcanealen Knochenstatus, an Bedeutung verlieren, während die Bedeutung der altersbedingten Abnahme des Knochenstatus weiter anhält.



## 5.8 QUS-Parameter und Vitamin D-Zufuhr

Bei der Auswertung der Daten des GISELA-Frauen- und Männerkollektivs konnte kein Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Zufuhr und den QUS-Parametern ermittelt werden. Daher wurden mit diesen Variablen bei beiden Geschlechtern auch keine weiteren statistischen Auswertungen durchgeführt.

Ein direkter Vergleich dieses Ergebnisses mit der Literatur ist schwierig, da bei der GISELA-Studie die Vitamin D-Zufuhr über ein Ernährungsprotokoll ermittelt wurde. Somit wurde der Zusammenhang zwischen der alimentären Vitamin D-Zufuhr und nicht zwischen der 25 (OH)D-Serumkonzentration und calcanealem Knochenstatus untersucht wie in den Studien von Krieg et al. (1998), Kauppi et al. (2009) und Zochling et al. (2002). Zochling et al. (2002) konnten zwar, im Gegensatz zu Krieg et al. (1998) und Kauppi et al. (2009), bei beiden Geschlechtern auch keinen Zusammenhang ermitteln, aus den oben genannten Gründen ist eine Übertragung dieses Ergebnisses auf das Ergebnis dieser Studie jedoch nicht möglich.

Da der Autorin keine QUS- und DXA-Studien bekannt sind, die den Einfluss einer alimentären Vitamin D-Zufuhr auf den calcanealen Knochenstatus bzw. die BMD bei älteren Frauen und Männern erforschten, werden im Folgenden Untersuchungen herangezogen, die den Einfluss der 25 (OH)D-Serumkonzentration untersuchten.

Kauppi et al. (2009) ermittelten in einer multiplen linearen Regressionsanalyse, dass die 25 (OH)D Serumkonzentration einen positiven Prädiktor der SOS und der BUA sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern darstellt. Von Mühlen et al. (2005) konnten bei älteren Frauen beobachten, dass die 25 (OH)D Serumkonzentration einen positiven Einflussfaktor auf die BMD Gesamthüfte sowie Femur Neck darstellt. Auch Yamauchi et al. (2011) beobachteten in ihrem Frauenkollektiv, dass sich die 25 (OH)D Serumkonzentration als einen positiven Prädiktor der BMD Femur Neck erweist sowie zusätzlich der BMD LWS. Saquib et al. (2006) führten ebenfalls eine multiple lineare Regressionsanalyse in einem Männerkollektiv durch und stellten fest, dass die 25 (OH)D Serumkonzentration im Gesamtkollektiv ein positiver Prädiktor der BMD LWS (L1-4) darstellt, nicht aber der BMD Gesamthüfte. Nach Ausschluss von 12 Probanden mit unplausiblen 25 (OH)D Serumkonzentrationen stellte die 25 (OH)D Serumkonzentration ebenfalls einen positiven Einflussfaktor der BMD Gesamthüfte dar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es in der GISELA-Studie bei beiden Geschlechtern keinen Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Zufuhr und dem calcanealen Knochenstatus gibt. Wahrscheinlich geht dies auf die geringe alimentäre Vitamin D-Zufuhr der Probanden (Frauen: 2,75 µg/d; Männer: 2,74 µg/d) zurück. Vitamin D wird jedoch nicht nur über die Nahrung aufgenommen sondern auch in der Haut synthetisiert. Aus diesem Grund ist die Erfassung der 25 (OH)D Serumkonzentration der bessere Parameter, da bei der Serumkonzentration beide Aufnahmewege berücksichtigt sind.

### 5.9 QUS-Parameter und Lebensstilfaktoren

Schwerpunkt dieses Kapitels ist die Diskussion des Einflusses der Confounder Alkoholzufuhr, Rauchverhalten und körperliche Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus.

#### Alkoholzufuhr

Im GISELA-Frauenkollektiv konnte kein Zusammenhang zwischen der Alkoholzufuhr und den QUS-Parametern SOS, BUA und SI festgestellt werden. Nach Aufteilung der Seniorinnen nach dem DGE-Richtwert für die tägliche Alkoholzufuhr, d. h.  $< 10$  g und  $\geq 10$  g (DGE 2012) konnten wiederum keine Unterschiede bei den QUS-Messwerten beobachtet werden (Daten nicht angegeben). Aus diesem Grund wurden auch keine weiterführenden statistischen Berechnungen durchgeführt.

Es gibt zu dieser Thematik nur sehr wenige Vergleichsstudien, so dass eine Einordnung des GISELA-Ergebnisses schwierig ist. Das GISELA-Ergebnis ist konform mit der Untersuchung von Babaroutsi et al. (2005b) und widersprüchlich zu Blanchet et al. (2003) und Jin et al. (2011).

Studien, die den Einfluss von Alkohol auf den calcanealen Knochenstatus untersuchten, konnten keinen Einfluss auf die BUA (Cheng et al. 1999a) und den SI (Adami et al. 2003) beobachten.

Die Ergebnisse der GISELA-Männer hinsichtlich Alkoholzufuhr und SOS, BUA und SI sind identisch mit denen der GISELA-Frauen. Es konnte weder ein Zusammenhang ermittelt werden noch unterscheiden sich die Gruppen in den Messwerten nach Aufteilung nach dem DGE-Richtwert (DGE 2012) für die tägliche Alkoholzufuhr bei Männern ( $< 20$  g bzw.  $\geq 20$  g; Daten nicht angegeben). Daher wurden wiederum keine weiterführenden statistischen Berechnungen durchgeführt.

Die Studienanzahl an überwiegend älteren Männern, die einen Zusammenhang bzw. einen Einfluss der Alkoholzufuhr auf den calcanealen Knochenstatus untersuchten, ist geringer als bei den Frauen. So stellten Babaroutsi et al. (2005a) wie auch die GISELA-Studie fest, dass es zwischen der Alkoholaufnahme und den QUS-Parametern keinen Zusammenhang gibt und Adami et al. (2003) beobachteten, dass die Alkoholzufuhr keinen Einfluss auf den SI zeigt.

Auch wenn die QUS-Studien keinen Einfluss der Alkoholzufuhr auf den calcanealen Knochenstatus zeigten, konnten Untersuchungen an Langzeitalkoholikern (Alvisa-Negrin et al. 2009, Malik et al. 2009) aufzeigen, dass ein langfristiger exzessiver Alkoholkonsum zu einer Abnahme der BMD, unabhängig vom Messor, führt. Ob diese primär durch den Alkohol verursacht wird oder sekundär durch eine bei Alkoholikern häufig vorkommende Mangelernährung (Lieber 2003) ist nur schwer voneinander abzugrenzen.

Die Auswirkungen des Alkohols auf den Knochen sind zum einen abhängig von der Alkoholmenge und zum anderen von der Dauer des Konsums. Die Ergebnisse von BMD-Studien (s. Kap. 2.2.6, S 22ff) deuten darauf hin, dass ein alkoholisches Getränk täglich bei Frauen und zwei bei Männern keine negativen, sondern mögliche positive Auswirkungen auf das Knochengewebe haben, wohingegen ein höherer Konsum das Knochengewebe schädigen kann. Das Ausmaß der Schädigung wird aber auch beeinflusst von Geschlecht, Alter, Hormonstatus und Trinkverhalten (Maurel et al. 2011a).

Das Ergebnis der GISELA-Studie zeigt, dass zwischen der Alkoholzufuhr und dem calcanealen Knochenstatus der GISELA-Probanden kein Zusammenhang vorliegt. Einige Untersuchungen konnten jedoch einen positiven Einfluss beobachten, wobei hier aber zu beachten ist, dass bei diesen Studien ein positiver Einfluss oftmals bei einer Alkoholzufuhr beobachtet wurde, der deutlich über der Zufuhr der GISELA-Senioren lag. Hinzu kommt, dass die Alkoholzufuhr teilweise deutlich über dem DGE-Richtwert lag, so dass die Ergebnisse von diesen Untersuchungen kritisch betrachtet werden müssen.

### Rauchverhalten

Das Rauchverhalten zeigt bei den GISELA-Seniorinnen in der univariaten linearen Regressionsanalyse nur auf die SOS einen negativen Einfluss. In den beiden multiplen linearen Regressionsanalysen (s. Tab. 4.49, S 78 und Tab. 4.50, S 80) erweist sich das Rauchverhalten ebenfalls als ein negativer Prädiktor der SOS in allen drei Modellen.

Wie bei der vorherigen Thematik gibt es nur wenige Studien, die den Einfluss des Rauchverhaltens auf den calcanealen Knochenstatus untersuchten. Im Vergleich zeigen sich nicht ganz konforme Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses des Rauchverhaltens auf den calcanealen Knochenstatus. Adami et al. (2003) kamen, wie auch die vorliegende Untersuchung, zu dem Ergebnis, dass das Rauchen (Anzahl der Zigaretten pro Tag bzw. in der Vergangenheit) keinen Prädiktor des SI in der univariaten linearen Regressionsanalyse darstellt. In der multiplen linearen Regressionsanalyse erwies sich die Variable „Anzahl an Zigaretten pro Tag“ allerdings als ein Einflussfaktor des SI. Cheng et al. (1999a) beobachteten in ihrem Frauenkollektiv, dass das Rauchverhalten in der multiplen linearen Regressionsanalyse ebenfalls keinen Prädiktor der BUA darstellt.

Im Männerkollektiv dieser Studie ist hinsichtlich Rauchverhalten und calcanealem Knochenstatus ein anderes Bild als im Frauenkollektiv zu erkennen. So zeigt das Rauchverhalten in der univariaten linearen Regressionsanalyse bei den Männern auf alle drei QUS-Parameter einen negativen Einfluss. Obwohl das Rauchverhalten auch auf die SOS einen negativen Einfluss zeigt, wurde für die SOS keine weiterführende multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, sondern nur für die BUA und den SI, da weder bei den anthropometrischen Parametern noch bei der fettfreien Masse und Fettmasse ein Zusammenhang zur SOS ermittelt werden konnte und somit die Voraussetzungen für die Durchführung einer multiplen linearen Regressionsanalyse nicht erfüllt waren (s. Kap. 3.10, S 36f). In der multiplen linearen Regressionsanalyse erweist sich das Rauchverhalten in allen drei Modellen ebenfalls als ein negativer Einflussfaktor von BUA und SI (s. Tab. 4.51, S 82).

Wie bei den Frauen ist die Literatur bei den Männern bezüglich dieser Thematik gering. Zu dem gleichen Ergebnis wie die eigenen Untersuchungen kommen auch Adami et al. (2003). Sowohl in der univariaten als auch in der multiplen linearen Regressionsanalyse erwies sich bei dieser Untersuchung die tägliche Anzahl an Zigaretten aktuell und in der Vergangenheit als negativer Einflussfaktor des SI. Pye et al. (2010) stellten in ihrem Kollektiv in der univariaten Regressionsanalyse ebenfalls fest, dass die Variablen „gegenwärtiges Rauchen“ und „jemals geraucht zu haben“ einen negativen Einfluss auf die QUS-Parameter hatten. In der multiplen Regressionsanalyse zeigte sich das gegenwärtige Rauchen weiterhin als ein negativer Prädiktor der drei QUS-Parameter.

Bei der näheren Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der GISELA-Studie hinsichtlich Rauchverhalten und calcanealem Knochenstatus fällt jedoch auf, dass das Rauchverhalten den

calcanealen Knochenstatus der Männer negativer beeinflusst als den der Frauen. Dieser geschlechtsspezifische Unterschied ist ebenfalls bei der Studie von Adami et al. (2003) zu beobachten. Auch Welch et al. (2004) ermittelten, dass die Raucher im Vergleich zu den Nicht-Rauchern eine höhere BUA-Messwertabnahme (-3,2 %) aufwiesen als die Raucherinnen im Vergleich zu den Nicht-Raucherinnen (-1,7 %).

Untersuchungen, die bei Senioren den Zusammenhang zwischen Rauchen und BMD mittels DXA bestimmten, konnten ebenfalls diesen geschlechtsspezifischen Unterschied beobachten (Kiel et al. 1996, Lunt et al. 2001, Sneve et al. 2008).

Die Ursache für diesen geschlechtsspezifischen Unterschied ist bis heute unklar. Der Hauptgrund in Verbindung mit anderen Faktoren (s. Kap. 2.2.6, S 22ff) ist aber wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Männer mehr rauchen als die Frauen (s. Kap. 4.1.6, S 43) und somit bei Männern die negativen Auswirkungen des Rauchens auf den calcanealen Knochenstatus eindeutiger zu erkennen sind.

Zusammenfassend kann für diesen Lebensstilfaktor festgehalten werden, dass das Rauchen besonders bei den Männern den calcanealen Knochenstatus negativ beeinflusst. Bei den Frauen deutet dies auch darauf hin. Der negative Einfluss des Rauchens auf den calcanealen Knochenstatus ist dabei nicht auf einen einzelnen Faktor, sondern auf das Zusammenwirken mehrerer Einzelfaktoren zurückzuführen.

### Körperliche Aktivität

In dieser Untersuchung konnte zwischen dem körperlichen Aktivitätsindex, als Ausdruck für die körperliche Aktivität der Probanden, und den QUS-Parametern bei den Frauen kein Zusammenhang beobachtet werden. Daher wurden auch bei diesem Parameter keine weiterführenden statistischen Berechnungen durchgeführt.

Der Autorin der vorliegenden Arbeit sind keine Studien bekannt, in denen die körperliche Aktivität der Probanden ebenfalls über den körperlichen Aktivitätsindex erfasst und ein Zusammenhang zu den QUS-Parametern untersucht wurde. Daher werden für die folgende Diskussion und auch später für die Diskussion bei den Männern Studien herangezogen, die die körperliche Aktivität der Probanden anhand anderer Methoden untersuchten.

Im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen konnten andere QUS-Studien an überwiegend älteren Frauen eine positive Wirkung von körperlicher Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus beobachten (s. Kap. 2.2.6, S 22ff).

Untersuchungen, die mittels multipler linearer Regressionsanalyse den Einfluss der körperlichen Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus untersuchten, kamen zu folgenden Ergebnissen: Sowohl Landin-Wilhelmsen et al. (2000; Erfassung der gegenwärtigen körperlichen Aktivität über einen Fragebogen) als auch Blanchet et al. (2003; Abfrage der körperlichen Aktivität in den letzten vier Monaten mittels Fragebogen) konnten in ihren Kollektiven beobachten, dass körperliche Aktivität einen positiven Prädiktor der QUS-Parameter SOS, BUA und SI darstellt. Zu dem gleichen Ergebnis kamen auch Yamaguchi et al. (2000; Erfassung der gegenwärtigen körperlichen Aktivität über einen Fragebogen). Kitagawa und Nakahara (2008) ermittelten, dass die tägliche Schrittzahl nach Adjustierung um Alter und BMI ein positiver Prädiktor von SOS, BUA und SI darstellt und Korpelainen et al. (2006; Erfassung der gegenwärtigen körperlichen Aktivität über einen Fragebogen) kamen anhand einer multiplen linearen Regressionsanalyse zu dem Ergebnis, dass eine gegenwärtige geringe körperliche Aktivität mit niedrigen BUA-Messwerten assoziiert ist.

Wie im Frauenkollektiv ist auch im Männerkollektiv kein Zusammenhang zwischen dem körperlichen Aktivitätsindex und den QUS-Parametern zu beobachten und es wurden wiederum keine weiterführenden statistischen Berechnungen durchgeführt.

Babaroutsi et al. (2005a) konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und der SOS, der BUA und dem SI beobachten, Pye et al. (2010) ermittelten dagegen eine positive Wirkung (s. Kap. 2.2.6, S 22ff).

Landin-Wilhelmsen et al. (2000) untersuchten auch bei den Männern anhand der linearen multiplen Regressionsanalyse den Einfluss der körperlichen Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus und konnten das gleiche Ergebnis beobachten wie im Frauenkollektiv.

Die, bis auf eine Ausnahme, nicht konformen Ergebnisse hinsichtlich körperlicher Aktivität auf die QUS-Parameter zwischen dieser Studie und der hier verwendeten Literatur sind können durch die unterschiedliche Erfassung dieses Parameters erklärt werden. Zum einen wurde in der vorliegenden Arbeit die körperliche Aktivität innerhalb eines Zeitraumes von einer Woche abgefragt, in der Studie von Blanchet et al. (2003) lag der Zeitraum dagegen bei vier Monaten. Zum anderen waren die Antwortmöglichkeiten bei der Erfassung der körperlichen Aktivität durch Fragebögen nicht identisch mit denen der GISELA-Studie (Adami et al. 2003, Babaroutsi et al. 2005a und b, Devine et al. 2004, Korpelainen et al. 2006, Landin-Wilhelmsen et al. 2000, Pye et al. 2010, Yamaguchi et al. 2000) bzw. die körperliche Aktivität wurde direkt über Schrittzähler gemessen (Kitagawa und Nakahara 2008) oder die

Probanden führten ein kontrolliertes Sportprogramm durch (Engelke et al. 2006). Die vorliegende Untersuchung ist die einzige Studie unter der herangezogenen Literatur, die den körperlichen Aktivitätsindex als Ausdruck für die körperliche Aktivität heranzieht. Beide Geschlechter zeigen dabei eine hohe körperliche Aktivität mit einer geringen Streuung auf (s. Kap. 3.9, S 35), welches auf ein körperlich aktives homogenes Untersuchungskollektiv schließt. Diese Homogenität ist wahrscheinlich auch der Grund, dass in dieser Untersuchung kein Einfluss der körperlichen Aktivität auf den calcanealen Knochenstatus beobachtet werden konnte.

Zum Abschluss dieses Kapitels kann festgehalten werden, dass die hier untersuchten Confounder des Knochenstatus Alkoholzufuhr und körperliche Aktivität bei den GISELA-Probanden keinen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus zeigten. Da in der Literatur, besonders bei der körperlichen Aktivität, jedoch von einem positiven Einfluss berichtet wird, gehen die unterschiedlichen Ergebnisse wahrscheinlich auf das homogene körperlich aktive Studienkollektiv sowie die geringe Alkoholzufuhr der GISELA-Probanden zurück. Beim Rauchverhalten ist dagegen besonders bei den Männern ein negativer Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus zu beobachten. Die negativen Auswirkungen des Rauchens gehen hierbei auf eine Kombination mehrerer Einzelfaktoren und nicht auf einen Einzelfaktor zurück.

## 6 Schlussfolgerung

Diese Arbeit wurde im Rahmen der GISELA-Studie durchgeführt, wobei nur Probanden berücksichtigt wurden, bei denen die QUS- und BIA-Messung durchgeführt werden konnte und die keine Erkrankungen aufwiesen und/oder Medikamente einnahmen, die den calcanealen Knochenstatus möglicherweise bereits verändert haben.

Der gemessene SI des Frauenkollektivs und besonders der des Männerkollektivs ist im Studienvergleich mit altersgleichen Probanden sehr hoch, welches auf einen guten calcanealen Knochenstatus der GISELA-Probanden schließen lässt.

Das Alter erweist sich in dieser Arbeit bei den Frauen erwartungsgemäß als ein bedeutender Einflussfaktor auf den calcanealen Knochenstatus, während bei den Männern dieser Alterseffekt nicht beobachtet werden konnte. Der Grund hierfür ist, dass bei Männern, im Gegensatz zu den Frauen, der Knochenstatus mit zunehmendem Alter gleichmäßig abnimmt. Bei einer relativ homogenen Altersspanne, wie es bei den Männern in dieser Studie der Fall ist, ist somit ein Alterseffekt im Vergleich zu Untersuchungen mit einer sehr heterogenen Altersspanne nur schwer sichtbar.

Bei den anthropometrischen Parametern geht der größte Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus bei den Frauen von der Körpermasse, gefolgt vom BMI, und bei den Männern vom BMI, gefolgt von der Körpermasse, aus. Körpergröße und WHR zeigen in dieser Untersuchung keine Relevanz.

Da sich die Körpermasse aus den beiden Komponenten fettfreie Masse und Fettmasse zusammensetzt, muss für die Interpretation der Ergebnisse und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen an dieser Stelle die Körperzusammensetzung mitberücksichtigt werden. In der Einzelbetrachtung stellt die fettfreie Masse den Haupteinflussfaktor dar, während die Fettmasse bei beiden Geschlechtern in der abschließenden zusammenfassenden Betrachtung keine Bedeutung mehr aufzeigt, obwohl sie bei Frauen nach der Menopause die wichtigste Quelle der Östrogenproduktion darstellt. Da weder Körpergröße noch Fettmasse einen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus zeigten, kann dies den geringen Einfluss des BMI, besonders bei den Frauen, erklären. Bei den Männern ist der Einfluss des BMI auf den calcanealen Knochenstatus größer. Da aber die Fettmasse keinen Prädiktor darstellt, muss der BMI bei den Männern von der fettfreien Masse und zusätzlich von anderen direkten oder indirekten Faktoren beeinflusst werden, die ebenfalls Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus haben, wie z. B. Lebensstilfaktoren oder Ernährungsgewohnheiten.



Die Körpermasse besitzt in dieser Studie einen positiven Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus, welches bedeutet, dass Personen mit einer geringen Körpermasse zu niedrigeren QUS-Messwerten neigen. Diese Ergebnisse bedeuten im Hinblick auf den calcanealen Knochenstatus, dass Senioren Untergewicht vermeiden und fettfreie Masse erhalten sollen. Die Vermeidung von Untergewicht wirkt sich jedoch nicht nur protektiv auf den Knochenstatus aus, sondern durch eine bedarfsgerechte Ernährung wird zugleich dem Problem einer Mangelernährung im Alter vorgebeugt. Durch den Erhalt der fettfreien Masse über sportliche Übungen wird gleichzeitig dem altersbedingten Abbau an Muskelmasse und -kraft entgegengewirkt sowie Balance und Koordination gefördert, welches letztendlich wieder die Frakturrate sinken lässt.

Bei den in dieser Arbeit untersuchten gynäkologischen Parametern konnte nur bei den postmenopausalen Jahren ein negativer Einfluss beobachtet werden. Bei näherer Betrachtung der ermittelten Ergebnisse geht der negative Einfluss der postmenopausalen Jahre mehr auf den Alterseffekt als auf das Östrogendefizit zurück, da sich die GISELA-Seniorinnen deutlich über der frühen postmenopausalen Phase befanden, die von einem schnellen Abbau von trabekulären Knochen geprägt ist. Dies zeigt sich auch in den Leitlinien des Dachverbands der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gesellschaften für Osteologie (DVO; 2009): Die postmenopausalen Jahre wurden nicht als Indikator zur Basisdiagnostik hinsichtlich des Frakturrisikos bei Frauen aufgenommen, da das Alter, besonders bei den Frauen > 70 Jahre, den deutlich größeren Risikofaktor darstellt.

Auch wenn bei der GISELA-Studie die Vitamin D-Zufuhr keinen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus zeigt, ist dennoch belegt, dass eine ausreichende Vitamin D-Versorgung essenziell ist für einen guten Knochenstatus. Da die Vitamin D-Zufuhr über die Nahrung im Allgemeinen gering ist und in den Sommermonaten die endogene Vitamin D-Synthese über die Haut die bedeutendere Rolle spielt, ist es wünschenswert, die Berechnungen nochmals mit der 25 (OH)D Serumkonzentration durchzuführen.

Die in dieser Studie untersuchten Lebensstilfaktoren Alkoholzufuhr und körperliche Aktivität zeigen keinen Einfluss auf den calcanealen Knochenstatus. Der positive Effekt von Alkohol in einigen Untersuchungen (z. B. Ganry et al. 2000, Jin et al. 2011, Rapuri et al. 2000a, Tucker 2009) auf den Knochenstatus im Allgemeinen muss jedoch dahingehend relativiert werden, dass die aufgenommenen Alkoholmengen in diesen Studien sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern teilweise deutlich über dem DGE-Richtwert für die Alkoholzufuhr lagen. Da

bei einer erhöhten Alkoholfuhr jedoch die negativen Folgen gegenüber den positiven Aspekten deutlich überwiegen, ist davon abzuraten, Alkohol als positiven Einflussfaktor auf den Knochenstatus zu propagieren.

Körperliche Aktivität und Knochenstatus stehen über die Muskelmasse in enger Verbindung. Durch gewichtsbelastende Sportübungen und -arten wird durch die Muskulatur der Knochen verformt. Dieser passt sich wiederum durch Zunahme der Knochenmasse und der BMD an die neuen mechanischen Anforderungen an (Wolf'sche Gesetz; Frost 2004). Gleichzeitig wird durch Sport wieder Muskulatur und somit fettfreie Masse aufgebaut, so dass der Effekt auf den Knochen verstärkt wird. Der nicht zu beobachtende positive Einfluss von körperlicher Aktivität in dieser Untersuchung geht wahrscheinlich auf die homogene körperliche Aktivität der Probanden zurück. Durch körperliche Aktivität wird aber nicht nur der Abbau der fettfreien Masse reduziert, sondern auch Gleichgewichtssinn und Koordination gefördert (Madureira et al. 2007, Bergland et al. 2011). Die Empfehlung für Senioren lautet deshalb, regelmäßig an ihren Gesundheitsstatus angepassten Sport zu treiben, um Stürze und mögliche Frakturen zu vermeiden und den Knochenstatus weitestgehend zu erhalten.

Bezüglich des dritten untersuchten Lebensstilfaktors, dem Rauchverhalten, erweist sich dieser hauptsächlich bei den Männern als ein negativer Einflussfaktor. Da in der Gruppe „Raucher“ auch die ehemaligen Raucher miteingeschlossen waren, deutet dies darauf hin, dass Rauchen auch langfristig negative Effekte auf den Knochenstatus besitzt.

Diese Untersuchung weist jedoch auch einige Limitierungen auf. So ist bei den Männern die Probandenanzahl relativ gering und die Altersspanne sehr homogen. Ein weiteres Kriterium ist, dass einige Ausschlusskriterien über einen retrospektiven Fragebogen erfasst wurden und somit nicht immer davon auszugehen ist, dass die Fragen korrekt beantwortet wurden. Hinzu kommt, dass der Knochenstatus nicht an weiteren Messorten bestimmt wurde oder andere osteodensitometrische Techniken, wie DXA oder QCT, parallel eingesetzt wurden. Desweiteren wurden bei dieser Untersuchung Parameter außer Acht gelassen, die den Knochenstatus im Allgemeinen beeinflussen, wie die Genetik, der Hormonstatus und die Ernährung.

Die besondere Stärke dieser Studie liegt zum einen im Studienkollektiv, welches sorgfältig unter Berücksichtigung der Fragestellungen ausgewählt wurde. So wurden Probanden, die Medikamente einnehmen oder Erkrankungen aufweisen, die den Knochenstoffwechsel beeinflussen, ausgeschlossen, da diese Störfaktoren hinsichtlich der Beantwortung der

Fragestellungen darstellten. Zudem erfolgt die Untersuchung der Frauen und Männer zu gleichen Bedingungen (Zeit, Gerät, Umgebung), so dass die Ergebnisse beider Geschlechter gut miteinander verglichen werden können. Durch die Verwendung von zwei verschiedenen multiplen Regressionsanalysen im Frauenkollektiv wurde die vorhandene Kollinearität zwischen den Variablen Alter und postmenopausale Jahre umgangen und durch die verschiedenen Modelle konnten Interaktionen zwischen den anthropometrischen Parametern weitgehend ausgeschlossen werden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass der calcaneale Knochenstatus bei dieser Studie neben dem Alter bei den Frauen und dem Rauchverhalten bei den Männern hauptsächlich von der fettfreien Masse mitbestimmt wird. Die Fettmasse als zweite Komponente der Körperzusammensetzung hat bei dieser Untersuchung bei beiden Geschlechtern keinen Einfluss für den calcanealen Knochenstatus. Daher gilt für Senioren die Empfehlung, regelmäßig Sport zu treiben und hierbei besonders gewichtstragende Sportarten auszuüben, um die vorhandene Muskelmasse und damit die fettfreie Masse aufrechtzuerhalten. Da die Körpermasse selbst auch einen Einfluss zeigt, ist zudem auf eine adäquate Körpermasse, welches einen BMI im Normalbereich miteinschließt, zu achten sowie Untergewicht zu vermeiden. Durch den zusätzlichen Verzicht auf das Rauchen haben mobile Senioren auch noch im höheren Alter die Möglichkeit, die altersbedingte Abnahme des calcanealen Knochenstatus in einem gewissen Rahmen zu verlangsamen.

## 7 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen der GISELA-Studie, in der seit 1994 in ein- bzw. zweijährigem Abstand der Ernährungs- und Gesundheitsstatus Gießener Senioren erfasst wird, durchgeführt. Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der Körpermasse sowie deren Komponenten fettfreie Masse und Fettmasse auf den calcanealen Knochenstatus mobiler und selbstständig lebender Senioren zu untersuchen unter Berücksichtigung des Alters, der Körpergröße, des Body-Mass-Index (BMI), der Waist-Hip-Ratio, des Menarchealters, der Östrogenexpositionszeit, der postmenopausalen Jahre, der Vitamin D-Zufuhr und der Lebensstilfaktoren Alkoholzufuhr, Rauchen und körperliche Aktivität.

In der zusammenfassenden Betrachtung aller signifikanten Prädiktoren des Steifigkeitsindex (SI), ein Kombinationsparameter der QUS-Messwerte *Speed of Sound* (SOS) und *Broadband Ultrasound Attenuation* (BUA), aus der univariaten linearen Regressionsanalyse (Alter, postmenopausale Jahre, Körpermasse, BMI, fettfreie Masse, Fettmasse) erweisen sich im Frauenkollektiv in der multiplen linearen Regressionsanalyse das Alter und die fettfreie Masse als die größten Einflussfaktoren auf den SI, während die Fettmasse keinen Einflussfaktor darstellt. In einer weiteren multiplen linearen Regressionsanalyse, in der die Variable Alter durch die Variable postmenopausale Jahre ersetzt wurde, zeigt sich das gleiche Ergebnis wie bei der ersten Auswertung. Die postmenopausalen Jahre weisen dabei im direkten Vergleich mit dem Alter einen geringeren Einfluss auf.

Bei den Männern erweisen sich in der univariaten linearen Regressionsanalyse die Körpermasse, der BMI, die fettfreie Masse und das Rauchverhalten als Einflussfaktoren auf den SI. In der anschließend durchgeführten multiplen Regressionsanalyse stellen das Rauchverhalten, der BMI und die fettfreie Masse die Haupteinflussfaktoren auf den SI und damit auf den calcanealen Knochenstatus dar.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die fettfreie Masse und nicht die Fettmasse ein Haupteinflussfaktor auf den calcanealen Knochenstatus darstellt. Für Senioren gilt deshalb die Empfehlung, regelmäßig Sport zu treiben, um einen Abbau ihrer Muskelmasse und damit auch ihrer fettfreien Masse zu verhindern bzw. um ihre Muskelmasse zu erhalten. Durch den zusätzlichen Verzicht auf das Rauchen haben Senioren durch diese Maßnahmen die Möglichkeit, die altersbedingte Abnahme des calcanealen Knochenstatus in einem gewissen Rahmen zu verlangsamen.

## 8 Summary

The present investigation is part of a longitudinal study in a free-living elderly population ( $\geq 60$  years) in Giessen, Germany (GISELA). The GISELA study is a prospective cohort study in which the nutrition and health status has been observed in annual intervals since 1994 and biannual intervals since 1998. The aim of this thesis is to examine the impact of body mass as well as its components fat-free mass and fat mass on calcaneal bone characteristics measured by quantitative ultrasound (QUS) taking into account age, body height, body-mass-index (BMI), waist-hip-ratio, age at menarche, reproductive years, years since menopause, vitamin D intake, alcohol intake, smoking status, and physical activity.

In women, in the multiple linear regression analysis, which only included the significant parameters of the univariate linear regression analysis (i. e. age, years since menopause, body mass, BMI, fat-free mass, fat mass), age and fat-free mass showed the main influence on stiffness index (SI), a combination parameter of speed of sound (SOS) and broadband ultrasound attenuation (BUA). In the female sample no effect of fat mass on SI was observed. A further multiple linear regression analysis, replacing the variable age by years since menopause, showed similar results compared to the first regression analysis. In comparison, years since menopause had less impact on SI than age.

In men, body mass, BMI, fat-free mass and smoking status are predictors of SI in the univariate linear regression analysis. In the following multiple linear regression analysis, smoking, BMI, and fat-free mass further showed an influence on SI.

The results of the GISELA study including self-supporting, independently living older subjects show that in both women and men calcaneal bone status depends mainly on fat-free mass whereas fat mass had no effect. To delay age-related decline in bone status the results suggest that the aging population should be encouraged to maintain or at least avoid losing their fat-free mass by regular exercise and non- smoking habits.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Adami S, Giannini S, Giorgino R, Isaia G, Maggi S, Sinigaglia L, Filipponi P, Crepaldi G, Di Munno O  
The effect of age, weight, and lifestyle factors on calcaneal quantitative ultrasound: the ESOPO study.  
*Osteoporos Int* 2003; 14:198-207
- [2] Ahima RS  
Adipose tissue as an endocrine organ.  
*Obesity* 2006; 14(Suppl5):242S-9S
- [3] Akhter N, Sinnott B, Mahmood K, Rao S, Kukreja S, Barengolts E  
Effects of vitamin D insufficiency on bone mineral density in African American men.  
*Osteoporos Int* 2009; 20:745-50
- [4] Albanes D, Jones DY, Micozzi MS, Mattson ME  
Associations between smoking and body weight in the US population: analysis of NHANES II.  
*AJPH* 1987; 77:439-44
- [5] Alenfeld FE, Engelke K, Schmidt D, Brezger M, Diessel E, Felsenberg D  
Diagnostic agreement of two calcaneal ultrasound devices: the Sahara bone sonometer and the Achilles+.  
*Brit J Radiol* 2002; 75:895-902
- [6] Alvisa-Negrín J, González-Reimers E, Santolaria-Fernández F, García-Valdecasas-Campelo E, Valls MR, Pelazas-González R, Durán-Castellón MC, de Los Angeles Gómez-Rodríguez M  
Osteopenia in alcoholics: effect of alcohol abstinence.  
*Alcohol Alcohol* 2009; 44:468-75
- [7] American College of Sports Medicine  
Physical activity and bone health. Position Stand.  
*Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:1985-96
- [8] Ardawi MSM, Maimany AA, Bahksh TM, Nasrat HAN, Milaat WA, Al-Raddadi RM  
Bone mineral density of the spine and femur in healthy Saudis.  
*Osteoporos Int* 2005; 16:43-55
- [9] Assantachai P, Sriussadaporn S, Thamlikitkul V, Sitthichai K  
Body composition: gender-specific risk factor of reduced quantitative ultrasound measures in older people.  
*Osteoporos Int* 2006; 17:1174-81
- [10] Atalar E, Aydin G, Keles I, Inal E, Zog G, Arslan A, Orkun S  
Factors affecting bone mineral density in men.  
*Rheumatol Int* 2009; 29:1025-30
- [11] Babaroutsi E, Magkos F, Manios Y, Sidossis LS  
Body mass index, calcium intake, and physical activity affect calcaneal ultrasound in healthy Greek males in an age-dependent and parameter-specific manner.  
*J Bone Miner Metab* 2005a; 23:157-66

- [12] Babaroutsi E, Magkos F, Manios Y, Sidossis LS  
Lifestyle factors affecting heel ultrasound in Greek females across different life stages.  
Osteoporos Int 2005b; 16:552-61
- [13] Bakker I, Twisk JWR, van Mechelen W, Kemper HCG  
Fat-free body mass is the most important body composition determinant of 10-yr longitudinal development of lumbar bone in adult men and women.  
J Clin Endocrinol Metab 2003; 88:2607-13
- [14] Barkmann R, Glüer CC  
Error sources in quantitative ultrasound measurement.  
IN: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK  
Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.  
Martin Dunitz, London 1999; 101-7
- [15] Barkmann R, Glüer CC  
Quantitativer Ultraschall.  
Radiologe 2006; 46:861-9
- [16] Barrera G, Bunout D, Gattás V, de la Maza MP, Leiva L, Hirsch S  
A high body mass index protects against femoral neck osteoporosis in healthy elderly subjects.  
Nutrition 2004; 20:769-71
- [17] Barrett-Connor E, Siris ES, Wehren LE, Miller PD, Abbott TA, Berger ML, Santora AC, Sherwood LM  
Osteoporosis and fracture risk in women of different ethnic groups.  
J Bone Miner Res 2005; 20:185-94
- [18] Bass SL, Eser P, Daly R  
The effect of exercise and nutrition on the mechanostat.  
J Musculoskelet Neuronal Interact 2005; 5:239-54
- [19] Baumgartner RN  
Age.  
IN: Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB  
Human body composition.  
2<sup>nd</sup> edn. Human Kinetics, Champaign, 2005; S. 259-70
- [20] Bemben DA, Bemben MG  
Dose-response effect of 40 weeks of resistance training on bone mineral density in older adults.  
Osteoporos Int 2011; 22:179-86
- [21] Benetos A, Zervoudaki A, Kearney-Schwartz A, Perret-Guillaume C, Pascal-Vigneron V, Lacolley P, Labat C, Weryha G  
Effects of lean and fat mass on bone mineral density and arterial stiffness in elderly men.  
Osteoporos Int 2009; 20:1385-91
- [22] Berg HE, Eiken O, Miklavcic L, Mekjavic IB  
Hip, thigh and calf muscle atrophy and bone loss after 5-week bedrest inactivity.  
Eur J Appl Physiol 2007; 99:283-9

- [23] Bergland A, Thorsen H, Kåresen R  
Effect of exercise on mobility, balance, and health-related quality of life in osteoporotic women with a history of vertebral fracture: a randomized, controlled trial.  
Osteoporos Int 2011; 22:1863-71
- [24] Blain H, Vuillemin A, Guillemin F, Durant R, Hanesse B, de Talance N, Doucet B, Jeandel C  
Serum leptin level is a predictor of bone mineral density in postmenopausal women.  
J Clin Endocrinol Metab 2002; 87:1030-5
- [25] Blake GM, Fogelman I  
Technical principles of dual Energy X-ray absorptiometry.  
Semin Nucl Med 1997; 27:210-28
- [26] Blanchet C, Giguère Y, Prud'homme D, Turcot-Lemay L, Dumont M, Leduc G, Côte S, Laflamme N, Rousseau F, Dodin S  
Leisure physical activity is associated with quantitative ultrasound measurements independently of bone mineral density in postmenopausal women.  
Calcif Tissue Int 2003; 73:339-49
- [27] Brenner U, Müller JM, Walter M, Holzmüller W, Keller HW  
Anthropometric parameters.  
Infusionsther Klin Ernähr 1986; 13:232-7
- [28] Brosius F  
SPSS 16.  
mitp Verlag, Heidelberg, 2008
- [29] Brot C, Jørgensen NR, Sørensen OH  
The influence of smoking on vitamin D status and calcium metabolism.  
Eur J Clin Nutr 1999; 53:920-6
- [30] Bühl A  
SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse.  
Pearson Studium, München, 11., aktualisierte Auflage, 2008
- [31] Burger H, de Laet CEDH, van Daele PLA, Weel AEAM, Witteman JCM, Hofman A, Pols HAP  
Risk factors for increased bone loss in an elderly population. The Rotterdam Study.  
Am J Epidemiol 1998; 147:871-9
- [32] Burguera B, Hofbauer LC, Thomas T, Gori F, Evans GL, Khosla S, Riggs BL, Turner RT  
Leptin reduces ovariectomy-induced bone loss in rats.  
Endocrinology 2001; 142:3546-53
- [33] Canhão H, Lucas R, Fonseca JE, Costa L, Romeu JC, Branco J, Barros H  
Factors influencing calcaneus quantitative ultrasound measurements in an urban population.  
Clin Exp Rheumatol 2008; 26:67-72
- [34] Canoy D  
Coronary heart disease and body fat distribution.  
Curr Atheroscler Rep 2010; 12:125-33



- [35] Carnevale V, Romagnoli E, D'Erasmus E  
Skeletal involvement in patients with diabetes mellitus.  
Diabetes Metab Res Rev 2004; 20:196-204
- [36] Cauley JA, Fullman RL, Stone KL, Zmuda JM, Bauer DC, Barrett-Connor E, Ensrud K, Lau EMC, Orwoll ES for the Mr.OS Research Group  
Factors associated with the lumbar spine and proximal femur bone mineral density in older men.  
Osteoporos Int 2005; 16:1525-37
- [37] Chen Z, Lohman TG, Stini WA, Ritenbaugh C, Aickin M  
Fat or lean tissue mass: Which one is the major determinant of bone mineral mass in healthy postmenopausal women?  
J Bone Miner Res 1997; 12:144-51
- [38] Cheng S, Fan B, Wang L, Fuerst T, Lian M, Njeh C, He Y, Kern M, Lappin M, Tylavsky F, Casal D, Harris S, Genant HK  
Factors affecting broadband ultrasound attenuation results of the calcaneus using a gel-coupled quantitative ultrasound scanning system.  
Osteoporos Int 1999a; 10:495-504
- [39] Cheng S, Hans D, Genant HK  
Calcaneal quantitative ultrasound systems: gel-coupled.  
IN: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK  
Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.  
Martin Dunitz, London 1999b; S. 124-44
- [40] Cheung EYN, Ho AYY, Lam KF, Tam S, Kung AWC  
Determinants of bone mineral density in Chinese men.  
Osteoporos Int 2005; 16:1481-6
- [41] Choi JW, Pai SH  
Bone mineral density correlates strongly with basal metabolic rate in postmenopausal women.  
Clin Chim Acta 2003; 333:79-84
- [42] Chumlea WC, Roche AF  
Ultrasonic and skinfold caliper measures of subcutaneous adipose tissue thickness in elderly men and women.  
Am J Phys Anthropol 1986; 71: 351-7
- [43] Clarke BL, Khosla S  
Female reproductive system and bone.  
Arch Biochem Biophys 2010; 503:118-28
- [44] Clowes JA, Peel NF, Eastell R  
Device-specific thresholds to diagnose osteoporosis at the proximal femur: an approach to interpreting peripheral bone measurements in clinical practice.  
Osteoporos Int 2006; 17:1293-302
- [45] Coin A, Sergi G, Benincà P, Lupoli L, Cinti G, Ferrara L, Benedetti G, Tomasi G, Pisent C, Enzi G  
Bone mineral density and body composition in underweight and normal elderly subjects.  
Osteoporos Int 2000; 11:1043-50

- [46] Cornish J, MacGibbon A, Lin JM, Watson M, Callon KE, Tong PC, Dunford JE, van der Does Y, Williams GA, Grey AB, Naot D, Reid IR  
Modulation of osteoclastogenesis by fatty acids.  
Endocrinology 2008; 149:5688-95
- [47] Cui LH, Shin MH, Kweon SS, Park KS, Lee YH, Chung EK, Nam HS, Choi JS  
Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea.  
J Bone Miner Metab 2007; 25:165-71
- [48] Damilakis J, Maris TG, Karantanas AH  
An update on the assessment of osteoporosis using radiologic techniques.  
Eur Radiol 2007; 17:1591-602
- [49] Data Input  
Gebrauchsanleitung für den AKERN – RJL BIA 101/S Body Composition Analyser.  
Darmstadt o. J.
- [50] Dawson-Hughes B  
Osteoporosis.  
IN: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ  
Modern nutrition in health and disease.  
Williams & Wilkins, 10th ed., Baltimore 2006, S. 1340-1
- [51] Dehne L, Klemm C, Henseler G, Hermann-Kunz E  
The German food code and nutrient data base (BLS II.2).  
Eur J Epidemiol 1999; 15:355-9
- [52] De Laet C, Kanis JA, Odén A, Johanson H, Johnell O, Delmas P, Eisman JA, Kroger H, Fujiwara S, Garnero P, McCloskey EV, Mellstrom D, Melton LJ III, Meunier PJ, Pols HAP, Reeve J, Silman A, Tenenhouse A  
Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis.  
Osteoporos Int 2005; 16:1330-8
- [53] Devine A, Dhaliwal SS, Dick IM, Bollerslev J, Prince RL  
Physical activity and calcium consumption are important determinants of lower limb bone mass in older women.  
J Bone Miner Res 2004; 19:1634-9
- [54] DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung; Hrsg.)  
Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr.  
1. Auflage, 4., korrigierter Nachdruck, Umschau Braus, Frankfurt/Main, 2012, S. 27, 66, 79
- [55] Ding H, Field TS  
Bone health in postmenopausal women with early breast cancer: how protective is tamoxifen?  
Cancer Treat Rev 2007; 33:506-13
- [56] Dionyssiotis Y, Paspatis I, Trovas G, Galanos A, Lyrakis GP  
Association of physical exercise and calcium intake with bone mass measured by quantitative ultrasound.  
BMC Women's Health 2010;10:12

- [57] Douchi T, Oki T, Nakamura S, Ijuin H, Yamamoto S, Nagata Y  
The effect of body composition on bone density in pre- and postmenopausal women.  
Maturitas 1997; 27:55-60
- [58] Drozdowska B  
Quantitative ultrasound measurements at the calcaneus in natural and surgically induced menopause.  
Maturitas 2006; 53:107-13
- [59] DVO (Dachverband der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gesellschaften für Osteologie; Hrsg.)  
DVO Leitlinie 2009 zur Prophylaxe, Diagnostik und Therapie. Langfassung vom 15.10.2009, S. 24
- [60] Eastell R, Lambert H  
Strategies for skeletal health in the elderly.  
Proc Nutr Soc 2002; 61:173-80
- [61] Edelmann-Schäfer B  
Vergleich verschiedener osthoedensitometrischer Methoden bei Seniorinnen. Eine Untersuchung im Rahmen der Gießener Senioren Langzeitstudie.  
Dissertation, Institut für Ernährungswissenschaft, Justus-Liebig-Universität Gießen, VVB Lauferweiler Verlag, Gießen, 2009; S. 195-6
- [62] Edelmann-Schäfer B, Berthold LD, Stracke H, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M  
Identifying elderly women with osteoporosis by spinal dual X-ray absorptiometry, calcaneal quantitative ultrasound and spinal quantitative computed tomography: a comparative study.  
Ultrasound in Med & Biol 2011; 37:29-36
- [63] Edelstein LS, Barret-Connor E  
Relation between body size and bone mineral density in elderly men and women.  
Am J Epidemiol 1993; 138:160-9
- [64] Edwards CJ, Williams E  
The role of interleukin-6 in rheumatoid arthritis-associated osteoporosis.  
Osteoporos Int 2010; 21:1287-93
- [65] El Maghraoui A, Ghazi M, Gassim S, Ghoulani I, Mounach A, Rezqi A, Dehhaoui M  
Risk factors of osteoporosis in healthy Moroccan men.  
BMC Musculoskeletal Disorders 2010; 11:148
- [66] Emaus N, Omsland TK, Ahmed LA, Grimmes G, Sneve M, Berntsen GK  
Bone mineral density at the hip in Norwegian women and men - prevalence of osteoporosis depends on chosen references: the Tromsø Study.  
Eur J Epidemiol 2009; 24:321-8
- [67] Engelke K  
Quantitative Computertomographie.  
J Miner Stoffwechs 2002; 4 :22-31
- [68] Engelke K, Kemmler W, Lauber D, Beeskow C, Pintag R, Kalender WA  
Exercise maintains bone density at spine and hip EFOPS: a 3-year longitudinal study in early postmenopausal women.  
Osteoporos Int 2006; 17:133-42

- [69] Englund U, Littbrand H, Sundell A, Pettersson U, Bucht G  
A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women.  
*Osteoporos Int* 2005; 16:1117-23
- [70] Ensrud KE, Palermo L, Black DM, Cauley J, Jergas M, Orwoll ES, Nevitt MC, Fox KM, Cummings SR  
Hip and calcaneal bone loss increase with advancing age: longitudinal results from the study of osteoporotic fractures.  
*J Bone Miner Res* 1995; 10:1778-87
- [71] Felson DT, Zhang Y, Hannan MT, Anderson JJ  
Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: The Framingham Study.  
*J Bone Miner Res* 1993; 8:567-72
- [72] Feskanich D, Korrick SA, Greenspan SL, Rosen HN, Colditz GA  
Moderate alcohol consumption and bone density among postmenopausal women.  
*J Womens Health* 1999; 8:65-73
- [73] Finkelstein JS, Klibanski A, Neer RM  
A longitudinal evaluation of bone mineral density in adult men with histories of delayed puberty.  
*J Clin Endocrinol Metab* 1996; 81:1152-5
- [74] Fitzpatrick LA  
Secondary causes of osteoporosis.  
*Mayo Clin Proc* 2002; 77:453-68
- [75] Freedman DS, Kettel Khan L, Serdula MK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS  
Relation of age at menarche to race, time period, and anthropometric dimensions: The Bogalusa Heart Study.  
*Pediatrics* 2002; 110:e43
- [76] Frost HM  
A 2003 update of bone physiology and Wolff's law for clinicians.  
*Angle Orthod* 2004; 74:3-15
- [77] Fujiwara S, Kasagi F, Yamada M, Kodama K  
Risk factors for hip fracture in a Japanese cohort.  
*J Bone Miner Res* 1997; 12:998-1004
- [78] Gallagher D, Visser M, Sepúlveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB  
How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups.  
*Am Epidemiol* 1996; 143:228-39
- [79] Gallagher JC  
Effect of early menopause on bone mineral density and fractures.  
*Menopause* 2007; 14:567-71
- [80] Gal-Moscovici A, Sprague SM  
Osteoporosis and chronic kidney disease.  
*Semin Dial* 2007; 20:423-30

- [81] Gangoiti MV, Cortizo AM, Arnol V, Felice JJ, McCarthy AD  
Opposing effects of bisphosphonates and advanced glycation end-products on osteoblastic cells. *Eur J Pharmacol* 2008; 600:140-7
- [82] Ganry O, Baudoin C, Fardellone P  
Effect of alcohol intake on bone mineral density in elderly women. The EPIDOS study.  
*Am J Epidemiol* 2000; 151:773-80
- [83] Garnero P, Munoz F, Sornay-Rendu E, Delmas PD  
Associations of vitamin D status with bone mineral density, bone turnover, bone loss and fracture risk in healthy postmenopausal women. The OFELY study.  
*Bone* 2007; 40:716-22
- [84] Gerdhem P, Obrant KJ  
Effects of cigarette-smoking on bone mass as assessed by dual-energy X-ray absorptiometry and ultrasound.  
*Osteoporos Int* 2002; 13:932-6
- [85] Gerdhem P, Obrant KJ  
Bone mineral density in old age: the influence of age at menarche and menopause.  
*J Bone Miner Metab* 2004; 22:372-5
- [86] Gillette-Guyonnet S, Nourhashemi F, Lauque S, Grandjean H, Vellas B  
Body composition and osteoporosis in elderly women.  
*Gerontology* 2000; 46:189-93
- [87] Glüer CC, Barkmann R, Heller M  
Quantitativer Ultraschall. Status 1999.  
*Radiologe* 1999; 39:213-21
- [88] Gonnelli S, Cepollaro C  
The use of ultrasound in the assessment of bone status.  
*J Endocrinol Invest* 2002; 25:389-97
- [89] González-Reimers E, García-Valdecasas-Campelo E, Santolaria-Fernández F, Sánchez-Pérez MJ, Rodríguez-Rodríguez E, Gómez-Rodríguez MA, Viña-Rodríguez J  
Prognostic value of nutritional status in alcoholics, assessed by double-energy X-ray absorptiometry.  
*Alcohol Alcohol* 2008; 43:314-9
- [90] Gordeladze JO, Reseland JE, Drevon CA  
Pharmacological interference with transcriptional control of osteoblasts: a possible role for leptin and fatty acids in maintaining bone strength and body lean mass.  
*Current Pharmaceutical Design* 2001; 7:275-91
- [91] Gordon CM, Nelson LM  
Amenorrhea and bone health in adolescents and young women.  
*Curr Opin Obstet Gynecol* 2003; 15:377-84
- [92] Grainge MJ, Coupland CAC, Cliffe SJ, Chilvers CED, Hosking DJ  
Reproductive, menstrual and menopausal factors: which are associated with bone mineral density in early postmenopausal women?  
*Osteoporos Int* 2001; 12:777-87

- [93] Guglielmi G, Adams J, Link TM  
Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status.  
Eur Radiol 2009; 19:1837-48
- [94] Guglielmi G, de Terlizzi F, Aucella F, Scillitani A  
Quantitative ultrasound technique at the phalanges in discriminating between uremic and osteoporotic patients.  
Eur J Radiol 2006; 60:108-14
- [95] Guglielmi G, Schneider P, Lang TF, Giannatempo GM, Cammisa M, Genant HK  
Quantitative computed tomography at the axial and peripheral skeleton.  
Eur Radiol 1997; 7(suppl2): S32-42
- [96] Hadji P, Hars O, Wüster C, Bock K, Alberts US, Bohnet HG, Emons G, Schulz KD  
Stiffness index identifies patients with osteoporotic fractures better than ultrasound velocity or attenuation alone.  
Maturitas 1999a; 31:221-6
- [97] Hadji P, Kalder M, Meyer-Wittkopf M, Gottschalk M, Münstedt K, Hars O, Schulz KD  
Quantitative Ultrasonometrie (QUS) am Os calcaneus bei Frauen. Erstellung eines deutschen Referenzkollektives.  
Geburtsh Frauenheilk 2001; 61:70-4
- [98] Hagemans MLC, van der Schouw YT, de Kleijn MJJ, van Staveren WA, Pop VJM, Leusink GL, Grobbee DE  
Indicators for the total duration of premenopausal endogenous estrogen exposure in relation to BMD.  
Human Reproduction 2004; 19:2163-9
- [99] Hans D, Schott AM, Duboeuf F, Durosier C, Meunier PJ  
Does follow-up duration influence the ultrasound and DXA prediction of hip fracture? The EPIDOS prospective study.  
Bone 2004; 35:357-63
- [100] Harlow BL, Signorello LB  
Factors associated with early menopause.  
Maturitas 2000; 35:3-9
- [101] Hassa H, Tanier HM, Senses T, Oge T, Sahin-Mutlu F  
Related factors in bone mineral density of lumbar and femur in natural postmenopausal women.  
Arch Gynecol Obstet 2005; 273:86-9
- [102] Heaney RP  
Bone biology in health and disease.  
IN: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ  
Modern nutrition in health and disease.  
Williams & Wilkins, 10th ed., Baltimore 2006; S. 1314-25
- [103] Heitmann BL  
Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study.  
Eur J Clin Nutr 1990; 44:831-7

- [104] Heldan de Moura Castro C, Medeiros Pinheiro M, Lúcia Szejnfeld V  
Quantitative ultrasound of the calcaneus in Brazilian caucasian women: normative data are similar to the manufacturer's normal range.  
Osteoporos Int 2000; 11:923-8
- [105] Ho AYY, Kung AWC  
Determinants of peak bone mineral density and bone area in young women.  
J Bone Miner Metab 2005; 23:470-5
- [106] Holick MF  
Vitamin D  
IN: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ  
Modern nutrition in health and disease.  
Williams & Wilkins, 10th ed., Baltimore 2006; S. 376-87
- [107] Hollenbach KA, Barrett-Connor E, Edelstein SL, Holbrook T  
Cigarette smoking and bone mineral density in older men and women.  
Am J Public Health 1993; 83:1265-70
- [108] Holloway WR, Collier FM, Aitken CJ, Myers DE, Hodge JM, Malakellis M, Gough TJ, Collier GR, Nicholson GC  
Leptin inhibits osteoclast generation.  
J Bone Miner Res 2002; 17:200-9
- [109] Ho-Pham LT, Nguyen ND, Lai TQ, Nguyen TV  
Contributions of lean mass and fat mass to bone mineral density: a study in postmenopausal women.  
BMC Musculoskeletal Disorders 2010; 11:59
- [110] Hui SL, Zhou L, Evans R, Slemenda CW, Peacock M, Weaver CM, McClintock C, Jonston Jr CC  
Rates of growth and loss of bone mineral in the spine and femoral neck in white females.  
Osteoporos Int 1999; 9:200-5
- [111] Ibrahim MM  
Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences.  
Obesity 2010; 11:11-8
- [112] Ijuin M, Douchi T, Matsuo T, Yamamoto S, Uto H, Nagata Y  
Difference in the effects of body composition on bone mineral density between pre- and postmenopausal women.  
Maturitas 2002; 43:239-44
- [113] Illich JZ, Brownbill RA, Tamborini L, Crncevic-Orlic Z  
To drink or not to drink: how are alcohol, caffeine and past smoking related to bone mineral density in elderly women?  
J Am Coll Nutr 2002; 21:536-44
- [114] Jacobsen BK, Nilssen S, Heuch I, Kvåle G  
Reproductive factors and fatal hip fractures. A Norwegian prospective study of 63 000 women.  
J Epidemiol Community Health 1998; 52:645-50

- [115] Jamrozik K, McLaughlin D, McCaul K, Almeida OP, Wong KY, Vagenas D, Dobson A  
Women who smoke like men die like men who smoke: findings from two Australian cohort studies.  
Tob Control 2011; 20:258-65
- [116] Janicka A, Wren TAL, Sanchez MM, Dorey F, Kim PS, Mittelman SD, Gilsanz V  
Fat mass is not beneficial to bone in adolescents and young adults.  
J Clin Endocrinol Metab 2007; 92:143-7.
- [117] Jehle PM, Jehle DR, Mohan S, Böhm BO  
Serum levels of insulin-like growth factor system components and relationship to bone metabolism in type 1 and type 2 diabetes mellitus patients.  
J Endocrinol 1998; 159:297-306
- [118] Jin LH, Chang SJ, Koh SB, Kim KS, Lee TY, Ryu SY, Song JS, Park JK  
Association between alcohol consumption and bone strength in Korean adults: the Korean Genomic Rural Cohort Study.  
Metabolism 2011; 60:351-8
- [119] Johnell O, Gullberg B, Allander E, Kanis JA and the MEDOS study Group  
The apparent incidence of hip fracture in Europe: a study of national register sources.  
Osteoporos Int 1992; 2:298-302
- [120] Jürimäe J, Jürimäe T, Leppik A, Kums T  
The influence of ghrelin, adiponectin, and leptin on bone mineral density in healthy postmenopausal women.  
J Bone Miner Metab 2008; 26:618-23
- [121] Kann PH  
Osteodensitometrie und Ultraschalluntersuchungen des Knochens.  
Orthopäde 2001; 30:437-43
- [122] Kaufman JJ, Einhorn TA  
Perspectives. Ultrasound assessment of bone.  
J Bone Miner Res 1993; 8:517-25
- [123] Kauppi M, Impivaara O, Mäki J, Heliövaara M, Marniemi J, Montonen J, Jula A  
Vitamin D status and common risk factors for bone fragility as determinants of quantitative ultrasound variables in a nationally representative population sample.  
Bone 2009; 45:119-24
- [124] Khosla S, Riggs BL  
Pathophysiology of age-related bone loss and osteoporosis.  
Endocrinol Metab Clin N Am 2005; 34:1015-30
- [125] Kiel DP, Zhang Y, Hannan MT, Anderson JJ, Baron JA, Felson DT  
The effect of smoking at different life stages on bone mineral density in elderly men and women.  
Osteoporos Int 1996; 6:240-8
- [126] Kirchengast S, Peterson B, Hauser G, Knogler W  
Body composition characteristics are associated with the bone density of the proximal femur end in middle- and old-aged women and men.  
Maturitas 2001; 39:133-45



- [127] Kitagawa J, Nakahara Y  
Associations of daily walking steps with calcaneal ultrasound parameters and a bone resorption marker in elderly Japanese women.  
J Physiol Anthropol 2008; 27:295-300
- [128] Köhler W, Schachtel G, Voleske P  
Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler.  
Springer, Berlin, Heidelberg, 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, 2002
- [129] Korpelainen R, Korpelainen J, Heikkinen J, Väänänen K, Keinänen-Kiukaanniemi S  
Lifelong risk factors for osteoporosis and fractures in elderly women with low body mass index - a population-based study.  
Bone 2006; 39:385-91
- [130] Krall EA, Dawson-Hughes B  
Smoking increases bone loss and decreases intestinal calcium absorption.  
J Bone Miner Res 1999, 14:215-20
- [131] Krems C, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M  
Physical activity in young and elderly subjects.  
J Sports Med Phys Fitness 2004; 44:71-6
- [132] Krieg MA, Barkmann R, Gonnelli S, Stewart A, Bauer DC, Del Rio Barquero L, Kaufmann JJ, Lorenc R, Miller PD, Olszynski WP, Poiana C, Schott AM, Lewiecki EM, Hans D  
Quantitative ultrasound in the management of osteoporosis: the 2007 ISCD official positions.  
J Clin Densitom 2008; 11:163-87
- [133] Krieg MA, Cornuz J, Jacquet AF, Thiébaud D, Burckhardt P  
Influence of anthropometric parameters and biochemical markers of bone metabolism on quantitative ultrasound of bone in the institutionalized elderly.  
Osteoporos Int 1998; 8:115-20
- [134] Krieg MA, Cornuz J, Ruffieux C, van Melle G, Büche D, Dambacher MA, Hans D, Hartl F, Häuselmann HJ, Kraenzlin M, Lippuner K, Neff M, Pancaldi P, Rizzoli R, Tanzi F, Theiler R, Tyndall A, Wimpfheimer C, Burckhardt P  
Prediction of hip fracture risk by quantitative ultrasound in more than 700 Swiss women  $\geq 70$  years of age: comparison of three technologically different bone ultrasound devices in the SEMOF study.  
J Bone Miner Res 2006; 21:1457-63
- [135] Kritz-Silverstein D, Barrett-Connor E  
Early menopause, number of reproductive years, and bone mineral density in postmenopausal women.  
Am J Public Health 1993; 83:983-8
- [136] Kroke A, Klipstein-Grobusch K, Bergmann MM, Weber K, Boeing H  
Influence of body composition on quantitative ultrasound parameters of the os calcis in a population-based sample of pre- and postmenopausal women.  
Calcif Tissue Int 2000; 66:5-10
- [137] Kwan TS, Padrines M, Théoleyre S, Heymann D, Fortun Y  
IL-6, RANKL, TNF-alpha/IL-1: interrelations in bone resorption pathophysiology.  
Cytokine Growth Factor Rev 2004; 15:49-60

- [138] Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMWJ, Pichard C.  
ESPEN Guidelines. Bioelectrical impedance analysis – part II: utilization in clinical practice.  
Clin Nutr 2004; 23:1430-53
- [139] Landin-Wilhelmsen K, Johansson S, Rosengren A, Dotevall A, Lappas G, Bengtsson BÅ, Wilhelmsen L  
Calcaneal ultrasound measurements are determined by age and physical activity. Studies in two Swedish random population samples.  
J Intern Med 2000; 247:269-78
- [140] Langton CM, Njeh CF  
Sound-tissue interaction. The physical basis of bone ultrasonometry and limitations of existing methods.  
J Clin Densitom 1998; 1:295-301
- [141] Langton CM, Njeh CF  
The measurement of broadband ultrasonic attenuation in cancellous bone - a review of the science and technology.  
IEEE Trans Ultrason Ferroelect Freq Contr 2008; 55:1546-54
- [142] Lei SF, Chen Y, Xiong DH, Li LM, Deng HW  
Ethnic difference in osteoporosis-related phenotypes and its potential underlying genetic determination.  
J Musculoskelet Neuronal Interact 2006; 6:36-46
- [143] Leidig-Bruckner G, Ziegler R  
Diabetes mellitus a risk for osteoporosis?  
Exp Clin Endocrinol Diabetes 2001; 109(suppl 2):S493-S514
- [144] Lieber CS  
Relationships between nutrition, alcohol use, and liver disease.  
Alcohol Research & Health 2003; 27:220-32
- [145] Lim S, Joung H, Shin CS, Lee HK, Kim KS, Shin EK, Kim HY, Lim MK, Cho SI  
Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density.  
Bone 2004; 35:792-8
- [146] Lin JD, Chen JF, Chang HY, Ho C  
Evaluation of bone mineral density by quantitative ultrasound of bone in 16 862 subjects during routine health examination.  
Br J Radiol 2001; 602-6
- [147] Lips P  
Vitamin D deficiency and secondary hyperparathyroidism in the elderly: Consequences for bone loss and fractures and therapeutic implications.  
Endocr Rev 2001; 22: 477–501
- [148] Liu W, Xu CL, Zhu ZQ, Wang W, Han SM, Zu SY, Zhu GJ  
Characteristics of calcaneus quantitative ultrasound normative data in Chinese mainland men and women.  
Osteoporos Int 2006; 17:1216-24

- [149] Looker AC, Melton LJ III, Harris T, Borrud L, Shepherd J, McGowan J  
Age, gender, and race/ethnic differences in total body and subregional bone density.  
*Osteoporos Int* 2009; 20:1141-9
- [150] Lu LJW, Nayeem F, Anderson KE, Grady JJ, Nagamani M  
Lean body mass, not estrogen or progesterone, predicts peak bone mineral density in premenopausal women.  
*J Nutr* 2009; 139:250-6
- [151] Lührmann PM  
Untersuchung zu den bestimmenden Faktoren des Ruheumsatzes älterer Menschen. Eine Auswertung der Querschnittsdaten der Gießener Senioren Langzeitstudie. Dissertation, Institut für Ernährungswissenschaft, Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachverlag Köhler, Gießen, 1999, S.17-20; 70; 78
- [152] Lührmann PM, Herbert BM, Gaster C, Neuhäuser-Berthold M  
Validation of a self-administered 3-day estimated dietary record for use in the elderly.  
*Eur J Nutr* 1999; 38:235-40
- [153] Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA  
Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition.  
*J Appl Physiol* 1986; 60:1327-32
- [154] Lunar Corporation  
Bedienungsanleitung für den Achilles Plus Bone Ultrasonometer. Madison, WI, USA, o. J.
- [155] Lunt M, Felsenberg D, Adams J, Benevolenskaya L, Cannata J, Dequeker J, Dodenhof C, Falch JA, Johnell O, Khaw KT, Masaryk P, Pols H, Poor G, Reid D, Scheidt-Nave C, Weber K, Silman AJ, Reeve J  
Population-based geographic variations in DXA bone density in Europe: The EVOS Study.  
*Osteoporos Int* 1997; 7:175-89
- [156] Lunt M, Masaryk P, Scheidt-Nave C, Nijs J, Poor G, Pols H, Falch JA, Hammermeister G, Reid DM, Benevolenskaya L, Weber K, Cannata J, O'Neill TW, Felsenberg D, Silman AJ, Reeve J  
The effects of lifestyle, dietary dairy intake and diabetes on bone density and vertebral deformity prevalence: the EVOS Study.  
*Osteoporos Int* 2001; 12:688-98
- [157] Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL, Caparbo VF, Costa RA, Pereira RMR  
Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial.  
*Osteoporos Int* 2007; 18:419-25
- [158] Maggi S, Noale M, Giannini S, Adami S, Defeo D, Isaia G, Sinigaglia L, Filippini P, Crepaldi G  
Quantitative heel ultrasound in a population-based study in Italy and its relationship with fracture history: the ESOP study.  
*Osteoporos Int* 2006; 17:237-44

- [159] Magkos F, Manios Y, Babaroutsi E, Sidossis LS  
Quantitative ultrasound calcaneus measurements: normative data for the Greek population.  
*Osteoporos Int* 2005; 16:280-8
- [160] Malavolta N, Mule R, Frigato M  
Quantitative ultrasound assessment of bone.  
*Aging Clin Exp Res* 2004; 16:23-8
- [161] Malik P, Gasser RW, Kemmler G, Moncayo R, Finkenstedt G, Kurz M, Fleischhacker WW  
Low bone mineral density and impaired bone metabolism in young alcoholic patients without liver cirrhosis: a cross-sectional study.  
*Alcohol Clin Exp Res* 2009; 33:375-81
- [162] Maneesh M, Dutta S, Chakrabarti A, Vasudevan DM  
Alcohol abuse-duration dependent decrease in plasma testosterone and antioxidants in males.  
*Indian J Physiol Pharmacol* 2006; 50: 291-6
- [163] Marques EA, Mota J, Machado L, Sousa F, Coelho M, Moreira P, Carvalho J  
Multicomponent training program with weight-bearing exercises elicits favorable bone density, muscle strength, and balance adaptations in older women.  
*Calcif Tissue Int* 2011; 88:117-29
- [164] Matsumine H, Hirato K, Yanaihara T, Tamada T, Yoshida M  
Aromatization by skeletal muscle.  
*J Clin Endocrinol Metab* 1986; 63:717-20
- [165] Maurel DB, Boisseau N, Benhamou CL, Jaffre C  
Alcohol and bone: review of dose effects and mechanisms.  
*Osteoporos Int* 2011a; DOI 10.1007/s00198-011-1787-7
- [166] Maurel DB, Jaffre C, Rochefort GY, Aveline PC, Boisseau N, Uzbekov R, Gosset D, Pichon C, Fazzalari NL, Pallu S, Benhamou CL  
Low bone accrual is associated with osteocyte apoptosis in alcohol-induced osteopenia.  
*Bone* 2011b; 49:543-52
- [167] Max Rubner-Institut (Hrsg.)  
Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht, Teil 1. Die Bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen.  
Max Rubner-Institut, Karlsruhe, 2008a, S. 2-3; 127-8
- [168] Max Rubner-Institut (Hrsg.)  
Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht, Teil 2. Die Bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen.  
Max Rubner-Institut, Karlsruhe, 2008b; S. 2; 26; 244; 248
- [169] Mikhail MB, Flaster E, Aloia JF  
Stiffness in discrimination of patients with vertebral fractures.  
*Osteoporos Int* 1999; 9:24-8

- [170] Mikkelsen TF, Graff-Iversen S, Sundby J, Bjertness E  
Early menopause, association with tobacco smoking, coffee consumption and other lifestyle factors: a cross-sectional study.  
BMC Public Health 2007; 7:149-56
- [171] Morin S, Leslie WD, Manitoba Bone Density Program  
High bone mineral density is associated with high body mass index.  
Osteoporos Int 2009; 20:1267-71
- [172] Morris DH, Jones ME, Schoemaker MJ, Ashworth A, Swerdlow AJ  
Determinants of age at menarche in the UK: analyses from the Breakthrough Generations Study.  
Br J Cancer 2010; 103:1760-4
- [173] Moyer-Mileur LJ, Slater H, Jordan KC, Murray MA  
IGF-1 and IGF-binding proteins and bone mass, geometry, and strength: relation to metabolic control in adolescent girls with Type 1 diabetes.  
J Bone Miner Res 2008; 23:1884-91
- [174] Nam HS, Shin MH, Zmuda JM, Leung PC, Barrett-Connor E, Orwoll ES, Cauley JA, Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Research Group  
Race/ethnic differences in bone mineral densities in older men.  
Osteoporos Int 2010; 21:2115-23
- [175] National Institutes of Health  
Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The evidence report.  
NIH Publication 1998; no. 98-4083
- [176] Nevitt MC, Cummings SR, Stone KL, Palermo L, Black DM, Bauer DC, Genant HK, Hochberg MC, Ensrud KE, Hillier TA, Cauley JA  
Risk factors for a first-incident radiographic vertebral fracture in women  $\geq 65$  years of age: the Study of Osteoporotic Fractures.  
J Bone Miner Res 2005; 20:131-40
- [177] New SA  
Exercise, bone and nutrition.  
Proc Nutr Soc 2001; 60:265-74
- [178] Nickolas TL, Leonard MB, Shane E  
Chronic kidney disease and bone fracture: a growing concern.  
Kidney Int 2008; 74:721-31
- [179] NIH Technol Assess Statement (National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement)  
Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement.  
Am J Clin Nutr 1996; 64 (suppl):524S-32S
- [180] Njeh CF, Blake GM  
Calcaneal quantitative ultrasound devices: water coupled.  
IN: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK  
Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.  
Martin Dunitz, London 1999; S. 108-24

- [181] Njeh CF, Boivin CM, Langton CM  
The role of ultrasound in the assessment of osteoporosis: a review.  
*Osteoporos Int* 1997; 7:7-22
- [182] Njeh CF, Fuerst T, Hans D, Blake GM, Genant HK  
Radiation exposure in bone mineral density assessment.  
*Appl Radiat Isot* 1999a; 50:215-36
- [183] Njeh CF, Nicholson PHF, Langton CM  
The physics of ultrasound applied to bone.  
IN: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK  
Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.  
Martin Dunitz, London 1999b; S. 67-75
- [184] Oguz S, Tapisiz OL, Aytan H, Gunyeli I, Erdem S, Tuncay G, Bilge U, Mollamahmutoglu L  
Is leptin a significant predictor of bone mineral density in postmenopausal Turkish women?  
*Rheumatol Int* 2009; 29:393-6
- [185] Oseni T, Patel R, Pyle J, Jordan VC  
Selective estrogen receptor modulators and phytoestrogens.  
*Planta Med* 2008; 74:1656-65
- [186] Ozdemir F, Demirbag D, Rodoplu M  
Reproductive factors affecting the bone mineral density in postmenopausal women.  
*Tohoku J Exp Med* 2005; 205:277-85
- [187] Padilla F, Jenson F, Bousson V, Peyrin F, Laugier P  
Relationships of trabecular bone structure with quantitative ultrasound parameters: in vitro study on human proximal femur using transmission and backscatter measurements.  
*Bone* 2008; 42:1193-202
- [188] Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y  
Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in commutiy-dwelling elderly women.  
*J Bone Miner Metab* 2008; 26:254-9
- [189] Pearson D, Masud T, Sahota O, Earnshaw S, Hosking D  
A comparison of calcaneal dual-energy X-ray absorptiometry and calcaneal ultrasound for predicting the diagnosis of osteoporosis from hip and spine bone densitometry.  
*J Clin Densitom* 2003; 6:345-52
- [190] Pietrobelli A, Formica C, Wang Z, Heymsfield SB  
Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts.  
*Am J Physiol* 1996; 271:E941-51
- [191] Pietschmann P, Peterlik M  
Pathophysiologie und Therapie der Osteoporose.  
*Radiologe* 1999; 39:228-34

- [192] Platen P  
Prävention und Therapie der Osteoporose: Die Bedeutung des Sports und der körperlichen Aktivität.  
Dt Ärztebl 1997; 94:A2569-74
- [193] Powles TJ, Hickish T, Kanis JA, Tidy A, Ashley S  
Effect of tamoxifen on bone mineral density measured by dual-energy X-ray absorptiometry in healthy premenopausal and postmenopausal women.  
J Clin Oncol 1996, 14:78-84
- [194] Prevrhal S  
Absorptiometrie.  
Radiologe 2006; 46:847-60
- [195] Prins SH, Jørgensen HL, Jørgensen LV, Hassager C  
The role of quantitative ultrasound in the assessment of bone: a review.  
Clin Physiol 1998; 18:3-17
- [196] Pye SR, Devakumar V, Boonen S, Borghs H, Vanderschueren D, Adams JE, Ward KA, Bartfai G, Casanueva FF, Finn JD, Forti G, Giwercman A, Han TS, Huhtaniemi IT, Kula K, Lean MEJ, Pendleton N, Punab M, Silman AJ, Wu FCW, O'Neill TW, EMAS Study Group  
Influence of lifestyle factors on quantitative heel ultrasound measurements in middle-aged and elderly men.  
Calcif Tissue Int 2010; 86:211-9
- [197] Rapuri PB, Gallagher JC, Balhorn KE, Ryschon KL  
Smoking and bone metabolism in elderly women.  
Bone 2000b; 27:429-36
- [198] Rapuri PB, Gallagher JC, Balhorn KE, Ryschon KL  
Alcohol intake and bone metabolism in elderly women.  
Am J Clin Nutr 2000a; 72:1206-13
- [199] Rauch A, Seitz S, Baschant U, Schilling AF, Illing A, Stride B, Kirilov M, Mandic V, Takacz A, Schmidt-Ullrich R, Ostermay S, Schinke T, Spanbroek R, Zaiss MM, Angel PE, Lerner UH, David JP, Reichardt HM, Amling M, Schütz G, Tuckermann JP  
Glucocorticoids suppress bone formation by attenuating osteoblast differentiation via the monomeric glucocorticoid receptor.  
Cell Metabolism 2010; 11:517-31
- [200] Reid IR  
Fat and bone.  
Arch Biochem Biophys 2010; 503:20-7
- [201] Riggs BL, Khosla S, Melton LJ III  
Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton.  
Endocr Rev 2002; 23:279-302
- [202] Robbins J, Schott AM, Azari R, Kronmal R  
Body mass index is not a good predictor of bone density: results from WHI, CHS, and EPIDOS.  
J Clin Densitom 2006; 9:329-34

- [203] Rödström K, Bengtsson C, Lissner L, Björkelund C  
Reproducibility of self-reported menopause age at the 24-year follow-up of a population study of women in Göteborg, Sweden.  
*Menopause* 2005; 12:275-80
- [204] Roth A, Abendroth K  
Osteoporose.  
*Orthopädie und Unfallchirurgie* 2006; up2date1:223-50
- [205] Roubenoff R, Baumgartner RN, Harris TB, Dallal GE, Hannan MT, Economos CD, Stauber PM, Wilson PW, Kiel DP  
Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations.  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997; 52:M129-36
- [206] Roy DK, O'Neill TW, Finn JD, Lunt M, Silman AJ, Felsenberg D, Armbrrecht G, Banzer D, Benevolenskaya LI, Bhalla A, Bruges Armas J, Cannata JB, Cooper C, Dequeker J, Diaz MN, Eastell R, Yershova OB, Felsch B, Gowin W, Havelka S, Hoszowski K, Ismail AA, Jajic I, Janott I, Johnell O, Kanis JA, Kragl G, Lopez Vaz A, Lorenc R, Lyritis G, Masaryk P, Matthis C, Miazgowski T, Gennari C, Pols HAP, Poor G, Raspe HH, Reid DM, Reisinger W, Scheidt-Nave C, Stepan JJ, Todd CJ, Weber K, Woolf AD, Reeve J  
Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS).  
*Osteoporos Int* 2003; 14:19-26
- [207] Saadi HF, Reed RL, Carter AO, Dunn EV, Qazaq HS, Al-Suhaili AR  
Quantitative ultrasound of the calcaneus in Arabian women: relation to anthropometric and lifestyle factors.  
*Maturitas* 2003; 44:215-23
- [208] Saarelainen J, Rikkinen T, Honkanen R, Kröger H, Tuppurainen M, Niskanen L, Jurvelin JS  
Is discordance in bone measurements affected by body composition or anthropometry? A comparative study between peripheral and central devices.  
*J Clin Densitom* 2007; 10:312-8
- [209] Saeed I, Carpenter RD, LeBlanc AD, Li J, Keyak JH, Sibonga JD, Lang TF  
Quantitative computed tomography reveals the effects of race and sex on bone size and trabecular and cortical bone density.  
*J Clin Densitom* 2009; 12:330-6
- [210] Sahin G, Polat G, Baethis S, Milcan A, Baethdatoethlu O, Erdoethan C, Camdeviren H  
Body composition, bone mineral density, and circulating leptin levels in postmenopausal Turkish women.  
*Rheumatol Int* 2003; 23:87-91
- [211] Sampson HW  
Effect of alcohol consumption on adult and aged bone: a histomorphometric study of the rat animal model.  
*Alcohol Clin Exp Res* 1998; 22: 2029-34



- [212] Saquib N, von Mühlen D, Garland CF, Barrett-Connor E  
Serum 25-hydroxyvitamin D, parathyroid hormone, and bone mineral density in men: the Rancho Bernardo Study.  
*Osteoporos Int* 2006; 17:1734-41
- [213] Schöffl I, Kemmler W, Kladny B, von Stengel S, Kalender WA, Engelke K  
In healthy elderly postmenopausal women variations in BMD and BMC at various skeletal sites are associated with differences in weight and lean body mass rather than by variations in habitual physical activity, strength or VO<sub>2</sub>max.  
*J Musculoskelet Neuronal Interact* 2008; 8:363-74
- [214] Seeman E  
Pathogenesis of bone fragility in women and men.  
*Lancet* 2002; 359:1841-50
- [215] Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB  
Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study.  
*Am J Clin Nutr* 1988; 47:7-14
- [216] Sheng Z, Xu K, Ou Y, Dai R, Luo X, Liu S, Su X, Wu X, Xie H, Yuan L, Liao E  
Relationship of body composition with prevalence of osteoporosis in central south Chinese postmenopausal women.  
*Clin Endocrinol* 2011; 74:319-24
- [217] Silman AJ  
Risk factors for Colles' fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study.  
*Osteoporos Int* 2003; 14:213-8
- [218] Sioka C, Fotopoulou A, Georgiou A, Xourgia X, Papadopoulos A, Kalef-Ezra JA  
Age at menarche, age at menopause and duration of fertility as risk factors for osteoporosis.  
*Climacteric* 2010; 13:63-71
- [219] Sneve M, Emaus N, Joakimsen RM, Jorde R  
The association between serum parathyroid hormone and bone mineral density, and the impact of smoking: the Tromsø Study.  
*Eur J Endocrinol* 2008; 158:401-9
- [220] Sosa M, Saavedra P, Muñoz-Torres M, Alegre J, Gómez C, González-Macías J, Guañabens N, Hawkins F, Lozano C, Martínez M, Mosquera J, Pérez-Cano R, Quesada M, Salas E and the GIUMO Study Group  
Quantitative ultrasound calcaneus measurements: normative data and precision in the Spanish population.  
*Osteoporos Int* 2002; 13:487-92
- [221] Staa van TP  
The pathogenesis, epidemiology and management of glucocorticoid-induced osteoporosis.  
*Calcif Tissue Int* 2006; 79:129-37

- [222] Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Leben in Deutschland. Haushalte, Familien und Gesundheit - Ergebnisse des Mikrozensus 2005. Tabellenanhang zur Pressebroschüre.  
Wiesbaden, 2006, Tab. 49; 54
- [223] Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Statistisches Jahrbuch 2011 für die Bundesrepublik Deutschland.  
Wiesbaden, 2011, S. 44; 263-4
- [224] Stewart A, Felsenberg D, Eastell R, Roux C, Glüer CC, Reid DM  
Relationship between risk factors and QUS in a European population: the OPUS study.  
Bone 2006; 39:609-15
- [225] Thomas T, Burguera B, Melton LJ III, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Riggs BL, Khosla S  
Role of serum leptin, insulin, and estrogen levels as potential mediators of the relationship between fat mass and bone mineral density in men versus women.  
Bone 2001; 29:114-20
- [226] Trovas G, Tsekoura M, Galanos A, Dionyssiotis Y, Dontas I, Lyritis G, Papaioanou N  
Quantitative ultrasound of the calcaneus in Greek women: normative data are different from the manufacturer's normal range.  
J Clin Densitom 2009; 12:353-9
- [227] Truscott JG  
Reference data for ultrasonic bone measurement: variation with age in 2087 Caucasian women aged 16-93 years.  
Brit J Radiol 1997; 70:1010-6
- [228] Tucker KL, Jugdaohsingh R, Powell JJ, Qiao N, Hannan MT, Sripanyakorn S, Cupples LA, Kiel DP  
Effects of beer, wine, and liquor intakes on bone mineral density in older men and women.  
Am J Clin Nutr 2009; 89:1188-96
- [229] Turner RT  
Skeletal response to alcohol.  
Alcohol Clin Exp Res 2000; 24:1693-701
- [230] Ulrich P, Cerami A  
Protein glycation, diabetes, and aging.  
Recent Prog Horm Res 2001; 56:1-21
- [231] VanderJagt DJ, Bond B, Dulai R, Pickel A, Ujah IOA, Wadinga WW, Scariano JK, Glew RH  
Assessment of the bone status of Nigerian women by ultrasound and biochemical markers.  
Calcif Tissue Int 2001; 68:277-84
- [232] VanderJagt DJ, Damiani LA, Goodman TM, Ujah IOA, Obadofin MO, Imade GE, Shatima DR, Glew RH  
Assesment of the skeletal health of heathy Nigerian men and women using quantitative ultrasound.  
Bone 2004; 35:387-94

- [233] Von Mühlen DG, Greendale GA, Garland CF, Wan L, Barrett-Connor E  
Vitamin D, parathyroid hormone levels and bone mineral density in community-dwelling older women: The Rancho Bernardo Study.  
Osteoporos Int 2005; 16:1721-6
- [234] Waugh EJ, Lam MA, Hawker GA, McGowan J, Papaioannou A, Cheung AM, Hodsman AB, Leslie WD, Siminoski K, Jamal SA  
Risk factors for low bone mass in healthy 40-60 year old women: a systematic review of the literature. Osteoporos Int 2009; 20:1-21
- [235] Weir JB  
New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism.  
J Physiol 1949; 109:1-9.
- [236] Welch A, Camus J, Dalzell N, Oakes S, Reeve J, Khaw KT  
Broadband ultrasound attenuation (BUA) of the heel bone and its correlates in men and women in the EPIC-Norfolk cohort: a cross-sectional population-based study.  
Osteoporos Int 2004; 15:217-25
- [237] WHO (World Health Organisation)  
Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation.  
WHO technical report series 724, Geneva 1985; S. 77
- [238] WHO (World Health Organisation)  
Obesity. Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation.  
WHO Technical Report Series 894, Geneva 2000; S. 10
- [239] WHO (World Health Organisation)  
Prevention and management of osteoporosis. Report of a WHO scientific group.  
WHO technical report series 921, Geneva 2003; S. 2; 45, 57; 60
- [240] WHO (World Health Organisation)  
Waist circumference and waist-hip ratio. Report of a WHO expert consultation.  
Geneva, 8 - 11 December 2008, Geneva 2011; S. 27
- [241] Wiksten-Almströmer M, Lindén Hirschberg A, Hagenfeldt K  
Reduced bone mineral density in adult women diagnosed with menstrual disorders during adolescence.  
Acta Obstet Gynecol Scand 2009; 88:543-9
- [242] Wilkins CH, Birge SJ, Sheline YI, Morris JC  
Vitamin D deficiency is associated with worse cognitive performance and lower bone density in older African Americans.  
J Natl Med Assoc 2009; 101:349-54
- [243] Yamaguchi J, Truman G, Cameron ID  
Lifestyle factors affecting bone ultrasonometry of the calcaneus in Japanese women.  
Calcif Tissue Int 2000; 66:43-6
- [244] Yamauchi M, Kaji H, Nawata K, Takaoka S, Yamaguchi T, Sugimoto T  
Role of parathyroid hormone in bone fragility of postmenopausal women with vitamin D insufficiency.  
Calcif Tissue Int 2011; 88:362-9

- [245] Yamauchi M, Sugimoto T, Yamaguchi T, Nakaoka D, Kanzawa M, Yano S, Ozuru R, Sugishita T, Chihara K  
Plasma leptin concentrations are associated with bone mineral density and the presence of vertebral fractures in postmenopausal women.  
Clinical Endocrinology 2001; 55:341-7
- [246] Yanagimoto Y, Oshida Y, Sato Y  
Effects of walking on bone quality as determined by ultrasound in the elderly.  
Scand J Med Sci Sports 2000; 10:103-8
- [247] Zhu ZQ, Liu W, Xu CL, Han SM, Zu SY, Zhu GJ  
Reference data for quantitative ultrasound values of calcaneus in 2927 healthy Chinese men.  
J Bone Miner Metab 2008; 26:165-71
- [248] Zochling J, Sitoh YY, Lau TC, Cameron ID, Cumming RG, Lord SR, Schwarz J, Trube A, March LM, Sambrook PN  
Quantitative ultrasound of the calcaneus and falls risk in the institutionalized elderly: sex differences and relationship to vitamin D status.  
Osteoporos Int 2002; 13:882-7

## 10 Anhang

**Tab. 10.1:** Beschreibung der Kollektive der QUS-Vergleichsstudien

Quelle	Land	QUS-Gerät	Anzahl und Alter der Probanden
Adami et al. 2003	Italien	Achilles	F: 6592; 40 - 80 J <sup>1)</sup> M: 4832; 60 - 80 J
Alenfeld et al. 2002	Deutschland	Achilles	F: 309; 20 - 79 J
Assantachai et al. 2006	Thailand	Achilles	F: 458; 60 - 99 J M: 241; 60 - 99 J
Babaroutsi et al. 2005a	Griechenland	Sahara	M: 384; 10 - 15 J, 26 - 33 J, 60 - 75 J
Babaroutsi et al. 2005b	Griechenland	Sahara	F: 821; 10 - 15 J, 26 - 33 J, 60 - 75 J
Blanchet et al. 2003	Kanada	Achilles	F: 1162; 33 - 84 J <sup>1)</sup>
Cheng et al. 1999a	USA	QUS-2	F: 20 - 79 J
Canhão et al. 2008	Portugal	Sahara	F: 1010; 18 - 92 J M: 472; 19 - 86 J
Devine et al. 2004	Australien	Achilles	F: 1363; $\geq 70$ J
Dionyssiatis et al. 2010	Griechenland	Achilles	F: 450; 70 - 79 J
Drozdowska 2006	Polen	Achilles	F: 176; MW: 54 J <sup>2)</sup> F: 109; MW: 60 J
Engelke et al. 2006	Deutschland	Sahara	F: 86; MW = 55 J F: 51 <sup>3)</sup> ; MW = 56 J
Gerdhem und Obrant 2002	Finnland	Achilles	F: 1042; 75 J
Hadji et al. 2001	Deutschland	Achilles	F: 2272; 15 - 88 J
Hans et al. 1995	Frankreich	Achilles	F: 271; 31 - 97 J
Heldan de Moura Castro et al. 2000	Brasilien	Achilles	F: 160 <sup>4)</sup>
Jin et al. 2011	Korea	Achilles	F: 4345; 40 - 70 J M: 3368; 40 - 70 J
Kauppi et al. 2009	Finnland	Sahara	F: 3299; 30 - 94 J M: 2736; 30 - 97 J

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal

<sup>2)</sup> n = 176: Frauen mit natürlicher Menopause ohne Frakturen; n = 109: Frauen mit natürlicher Menopause mit Frakturen

<sup>3)</sup> Kontrollgruppe

<sup>4)</sup> Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

**Tab. 10.1:** Beschreibung der Kollektive der QUS-Vergleichsstudien (Fortsetzung)

Kitagawa und Nakahara 2008	Japan	Achilles	F: 113; 60 - 85 J
Krieg et al. 1998	Schweiz	Achilles	F: 246; 64 - 98 J M: 103; 60 - 96 J
Krieg et al. 2006	Schweiz	Achilles	F: 7062; $\geq 70$ J
Kroke et al. 2000	Deutschland	Achilles	F: 595 <sup>5)</sup> ; MW = 59 J
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	Schweden	Achilles	F: 1319; 25 - 82 J M: 184; 25 - 64 J
Lin et al. 2001	Taiwan	Achilles	F: 9314; 14 - 92 J M: 7548; 16 - 89 J
Liu et al. 2006	China	Achilles	F: 725; 10 - 83 J M: 568; 10 - 82 J
Maggi et al. 2006	Italien	Achilles	F: 10.428; 40 - 79 J M: 4741; 60 - 79 J
Magkos et al. 2005	Griechenland	Sahara	F: 604; 26 - 33 J u. 60 - 75 J M: 192; 26 - 33 J u. 60 - 75 J
Pye et al. 2010	Europaweit	Sahara	M: 3258; 40 - 79 J
Saadi et al. 2003	Vereinigte Arabische Emirate	Sahara	F: 81; 60 - 75 J <sup>6)</sup>
Saarelainen et al. 2007	Finnland	Achilles	F: 139; 65 - 71 J
Schöffl et al. 2008	Deutschland	Sahara	F: 299; 65 - 80
Sosa et al. 2002	Spanien	Sahara	F: 183; 70 - 94 J M: 177; 70 - 99 J
Stewart et al. 2006	Europaweit	Achilles	F: 2283; 55 - 79 J
Trovas et al. 2009	Griechenland	Achilles	F: 1489; 29 - 90 J
VanderJagt et al. 2001	Nigeria	Achilles	F: 110; 31 - 95 J <sup>1)</sup>
VanderJagt et al. 2004	Nigeria	Achilles	F: 435; 16 - 89 M: 321; 18 - 89
Welch et al. 2004	Großbritannien	Cuba	F: 8808; 42 - 82 J M: 6860; 42 - 82

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal<sup>5)</sup> alle Frauen postmenopausal, ohne Einnahme von HRT<sup>6)</sup> n = 45; die genaue Altersspanne der 81 postmenopausalen Frauen ist aus der Studie nicht ersichtlich

**Tab. 10.1:** Beschreibung der Kollektive der QUS-Vergleichsstudien (Fortsetzung)

Yamaguchi et al. 2000	Japan	Achilles	F: 1412; 40 - 89 J <sup>1)</sup>
Yanagimoto et al. 2000	Japan	Achilles	F: 59; 65 - 99 J
Zhu et al. 2008	China	Achilles	M: 2927; 10 - 90 J
Zochling et al. 2002	Australien	CUBA	F: 899; 64 - 104 J M: 294; 65 - 102 J

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal

**Tab. 10.2:** Beschreibung der Kollektive der DXA-Vergleichsstudien

Quelle	Land	Anzahl und Alter der Probanden
Akhter et al. 2009	USA	M: 112; 38 - 85 J
Ardawi et al. 2005	Saudi Arabien	F: 1065; 20 - 79 J M: 915; 20 - 79 J
Atalar et al. 2009	Türkei	M: 131; 20 - 75
Bemben und Bemben 2011	USA	F: 79; 55 - 74 J M: 45; 55 - 74 J
Benetos et al. 2009	Frankreich	M: 169; 60 - 85 J
Burger et al. 1998	Niederlande	F: 2452; $\geq 55$ J M: 1856; $\geq 55$ J
Cauley et al. 2005	USA	M: 5995; $\geq 65$ J
Chen et al. 1997	USA	F: 50; MW: 60 J <sup>1)</sup>
Choi und Pai 2003	Südkorea	F: 345; 54 - 67 J M: 224; 55 - 69
Cheung et al. 2005	China	M: 407; 50 - 96 J
Coin et al. 2000	Italien	F: 30 + 30 <sup>2)</sup> ; MW: 81 J und 80 J <sup>2)</sup> M: 21 + 30 <sup>2)</sup> ; MW: 81 J und 77 J <sup>2)</sup>
Cui et al. 2007	Südkorea	F: 867; 19 - 80 J M: 737; 19 - 80 J
Douchi et al. 1997	Japan	F: 128; 45 - 83 J <sup>1)</sup>
El Maghraoui et al. 2010	Marokko	M: 592; 20 - 79 J
Emaus et al. 2009	Norwegen	F: 2549; 30 - 89 J M: 2083; 30 - 89 J
Englund et al. 2005	Schweden	F: 48; 66-87 J

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal

<sup>2)</sup> Kontrollgruppe

**Tab 10.2:** Beschreibung der Kollektive der DXA-Vergleichsstudien (Fortsetzung)

Ganry et al. 2000	Frankreich	F: 7598; $\geq 75$ J
Garnero et al. 2007	Frankreich	F: 669; MW: 62 J <sup>1)</sup>
Gerdhem und Obrant 2004	Schweden	F: 1044; 75 J
Gillette-Guyonnet et al. 2000	Frankreich	F: 129; 75 - 89 J
Grainge et al. 2001	Großbritannien	F: 527; 45 - 61 J <sup>1)</sup>
Hagemans et al. 2004	Niederlande	F: 1056; MW = 53 J <sup>1)</sup>
Hassa et al. 2005	Türkei	F: 267; 47 J <sup>3)</sup>
Ho-Pham et al. 2010	Vietnam	F: 210; 50 - 85 J <sup>1)</sup>
Hollenbache et al. 1993	USA	F: 754; 60 - 99 M: 504; 60 - 99
Ijuin et al. 2002	Japan	F: 193; MW: 61 J <sup>1)</sup>
Illich et al. 2002	USA	F: 136; 57 - 89 J
Jürimäe et al. 2008	Estland	F: 88; 58 - 80 J
Kiel et al. 1996	USA	F: 684; MW: 76 J M: 448; MW: 76 J
Kirchengast et al. 2001	Österreich	F: 77; 60 - 92 J M: 62; 60 - 86 J
Kritz-Silverstein und Barrett-Connor 1993	USA	F: 391; 60 - 89 J
Lim et al. 2004	Korea	F: 201; 45 - 90 J M: 201; 45 - 90 J
Looker et al. 2009	USA	F: 6532; $\geq 20$ J M: 6559; $\geq 20$ J
Lunt et al. 2001	Europaweit	F: 300; 50 - 80 J M: 300; 50 - 80 J
Marques et al. 2011	Portugal	F: 30 + 30 <sup>2)</sup> ; MW = 70 J und 68 J <sup>2)</sup>
Morin et al. 2009	Kanada	F: 16.500; $\geq 50$ J
Ozdemir et al. 2005	Türkei	F: 43 - 80 <sup>1)</sup>
Park et al. 2008	Korea	F: 50; 65 - 70 J
Rapuri et al. 2000a	USA	F: 489; 65 - 77 J
Saquib et al. 2006	USA	M: 414; 45 - 95 J
Schöffl et al. 2008	Deutschland	F: 299; 65 - 80 J

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal<sup>2)</sup> Kontrollgruppe<sup>3)</sup> MW Alter bei Menopause, keine Angaben zum chronologischen Alter des Kollektivs



**Tab 10.2:** Beschreibung der Kollektive der DXA-Vergleichsstudien (Fortsetzung)

Sheng et al. 2011	China	F: 954; 50 - 82 J <sup>1)</sup>
Sioka et al. 2010	Griechenland	F: 124; 40 - 79 J <sup>1)</sup>
Sneve et al. 2008	Norwegen	F: 1368; MW: 64 J M: 1442; MW: 66 J
Tucker et al. 2009	USA	F: 1289; MW: 63 J M: 1182; MW: 62 J
von Mühlen et al. 2005	USA	F: 615; 50-97 J <sup>1)</sup>
Wilkins et al. 2009	USA	M: 60; MW: 75 J
Yamauchi et al. 2011	Japan	F: 202; MW: 63 J <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> alle Frauen postmenopausal

**Tab. 10.3:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem Alter bei Frauen verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	r <sup>1)</sup>
Blanchet et al. 2003	n = 1162; 33 - 84 J <sup>2)</sup>	SOS = -0,30 (p < 0,0001) BUA = -0,28 (p < 0,0001) SI = -0,32 (p < 0,0001)
Heldan de Moura Castro et al. 2000	n = 160 <sup>3)</sup>	SOS = -0,52 (p < 0,001) BUA = -0,47 (p < 0,001) SI = -0,56 (p < 0,001)
Kitagawa und Nakahara 2008	n = 113; 60 - 85 J	SOS = -0,290 (p < 0,01) BUA = -0,237 (p < 0,05) SI = -0,304 (p < 0,001)
Krieg et al. 1996	n = 270; 64 - 98 J	SOS = -0,205 (p < 0,001) BUA = -0,286 (p < 0,0001) SI = -0,267 (p < 0,0001)
Trovas et al. 2009	n = 125; 70 - 79 J	SI = -0,232 (p < 0,005)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> alle Frauen postmenopausal

<sup>3)</sup> Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 postmenopausalen Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

**Tab. 10.4:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem Alter bei Männern verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS: -0,42 (p < 0,001) BUA: -0,24 (p < 0,001) SI: -0,40 (p < 0,001)
Liu et al. 2006	n = 568; 10 - 83 J	SOS: -0,317 (p = 0,000) BUA: 0,074 (p = 0,076) SI: -0,158 (p = 0,000)
Zhu et al. 2008	n = 1767 <sup>2)</sup> ; 18 - 90 J	SOS: -0,284 (p < 0,001) BUA: -0,149 (p < 0,001) SI: -0,264 (0,001)

1) Korrelationskoeffizienten nach Pearson

2) 20 - 90 Jahre; eine genaue Anzahl der Probanden zwischen 18 und 90 Jahre ist aus der Studie nicht ersichtlich

**Tab. 10.5:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße bei Frauen verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Heldan de Moura Castro et al. 2000	n = 160; 60 - 84 J <sup>2)</sup>	SOS = 0,11 (p = n. s.) BUA = 0,25 (p = 0,002) SI = 0,18 (p < 0,022)
Kitagawa und Nakahara 2008	n = 113; 60 - 85 J	SOS = 0,005 (p = n. s.) BUA = 0,150 (p = n. s.) SI = 0,080 (p = n. s.)
Krieg et al. 1996	n = 270; 64 - 98 J	SOS = -0,086 (p = n. s.) BUA = 0,025 (p = n. s.) SI = -0,035 (p = n. s.)
Saarelainen et al. 2007	n = 139; 65 - 71 J	SOS = 0,09 (p = n. s.) BUA = 0,19 (p < 0,05) SI = 0,18 (p < 0,05)
Trovas et al. 2009	n = 125; 70 - 79 J	SI = 0,224 (p < 0,05)

1) Korrelationskoeffizienten nach Pearson

2) Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 postmenopausalen Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

**Tab. 10.6:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpergröße bei Männern verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS = 0,14 (p < 0,05) BUA = 0,19 (p < 0,01) SI = 0,19 (p < 0,01)
Liu et al. 2006	n = 568; 10 - 83 J	SOS = 0,015 (p = 0,722) BUA = 0,239 (p = 0,000) SI = 0,137 (p = 0,001)
Zhu et al. 2008	n = 1767 <sup>2)</sup> ; 18 - 90 J	SOS = -0,021 (p = 0,612) BUA = -0,018 (p = 0,660) SI = -0,014 (p = 0,548)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> 20 - 90 Jahre; eine genaue Anzahl der Probanden zwischen 18 und 90 Jahre ist aus der Studie nicht ersichtlich

**Tab. 10.7:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpermasse bei Frauen verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Heldan de Moura Castro et al. 2000	n = 160; 60 - 84 J <sup>2)</sup>	SOS = 0,22 (p = 0,005) BUA = 0,46 (p < 0,001) SI = 0,35 (p < 0,001)
Kitagawa und Nakahara 2008	n = 113; 60 - 85 J	SOS = 0,218 (p < 0,05) BUA = 0,462 (p < 0,001) SI = 0,384 (p < 0,001)
Krieg et al. 1996	n = 270; 64 - 98 J	SOS = 0,135 (p < 0,05) BUA = 0,374 (p < 0,0001) SI = 0,273 (p < 0,0001)
Saarelainen et al. 2007	n = 139; 65 - 71 J	SOS = 0,08 (p = n. s.) BUA = 0,25 (p < 0,01) SI = 0,21 (p < 0,05)
Stewart et al. 2006	n = 2283; 55 - 79 J	SOS = 0,091 (p < 0,001) BUA = 0,325 (p < 0,001) SI = 0,209 (p < 0,001)
Trovas et al. 2009	n = 125; 70 - 79 J	SI = 0,324 (p < 0,0005)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

**Tab. 10.8:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körpermasse bei Männern verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	r <sup>1)</sup>
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS = -0,05 (p = n. s.) BUA = 0,10 (p = n. s.) SI = 0,03 (p = n. s.)
Liu et al. 2006	n = 568; 10 - 83 J	SOS = -0,093 (p = 0,027) BUA = 0,299 (p = 0,000) SI = 0,102 (p = 0,015)
Zhu et al. 2008	n = 1767 <sup>2)</sup> ; 18 - 90 J	SOS = -0,084 (p = 0,043) BUA = 0,161 (p < 0,001) SI = -0,056 (p = 0,053)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> 20 - 90 Jahre; eine genaue Anzahl der Probanden zwischen 18 und 90 Jahre ist aus der Studie nicht ersichtlich

**Tab. 10.9:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem BMI bei Frauen verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	r <sup>1)</sup>
Blanchet et al. 2003	n = 1162; 33 - 84 J <sup>2)</sup>	SOS = 0,08 (p = 0,01) BUA = 0,26 (p < 0,0001) SI = 0,18 (p < 0,0001)
Heldan de Moura Castro et al. 2000	n = 160; 60 - 84 J <sup>3)</sup>	SOS = 0,19 (p = 0,017) BUA = 0,35 (p < 0,001) SI = 0,28 (p < 0,001)
Kitagawa und Nakahara 2008	n = 113; 60 - 85 J	SOS = 0,242 (p < 0,01) BUA = 0,438 (p < 0,001) SI = 0,387 (p < 0,001)
Krieg et al. 1996	n = 270; 64 - 98 J	SOS = 0,206 (p < 0,01) BUA = 0,39 (p < 0,0001) SI = 0,322 (p < 0,0001)
Saarelainen et al. 2007	n = 139; 65 - 71 J	SOS = 0,03 (p = n. s.) BUA = 0,17 (p < 0,05) SI = 0,13 (p = n. s.)
Trovas et al. 2009	n = 125; 70 - 79 J	SI = 0,183 (p < 0,05)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> alle Frauen postmenopausal

<sup>3)</sup> Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

**Tab. 10.10:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und dem BMI bei Männern verschiedener Studien

	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS = -0,12 (p = n. s.) BUA = 0,02 (p = n. s.) SI = -0,06 (p = n. s.)
Liu et al. 2006	n = 568; 10 - 83 J	SOS = -0,128 (p = 0,002) BUA = 0,278 (p = 0,000) SI = 0,069 (p = 0,101)
Zhu et al. 2008	n = 1767 <sup>2)</sup> ; 18 - 90 J	SOS = -0,075 (p = 0,068) BUA = 0,179 (p < 0,001) SI = 0,002 (p = 0,918)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> 20 - 90 Jahre; eine genaue Anzahl der Probanden zwischen 18 und 90 Jahre ist aus der Studie nicht ersichtlich

**Tab. 10.11:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körperzusammensetzung bei Frauen verschiedener Studien

Fettfreie Masse	Anzahl und Alter der Probanden	$r^{1)}$
Kroke et al. 2000	n = 595; MW = 59 J	SOS = 0,03 (p = 0,491) <sup>2)</sup> BUA = 0,26 (p = 0,0001)
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 455; 25 - 64 J	SOS = 0,01 (p = n. s.) BUA = 0,14 (p < 0,01) SI = 0,10 (p < 0,05)
Saarelainen et al. 2007	n = 139; 65 - 71 J	SOS = 0,03 (p = n. s.) BUA = 0,05 (p = n. s.) SI = 0,12 (p = n. s.)
Fettmasse		
Kroke et al. 2000	n = 595; MW = 59	SOS = 0,06 (p = 0,152) <sup>2)</sup> BUA = 0,23 (p = 0,0001)
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 455; 25 - 64 J	SOS = -0,12 (p = 0,01) BUA = -0,02 (p = n. s.) SI = -0,09 (p = n. s.)
Saarelainen et al. 2007	n = 139; 65 - 71 J	SOS = 0,08 (p = n. s.) BUA = 0,18 (p < 0,05) SI = 0,17 (p < 0,05)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> Korrelationskoeffizienten adjustiert um das Alter

**Tab. 10.12:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und der Körperzusammensetzung bei schwedischen Männern

<b>Fettfreie Masse</b>	<b>Anzahl und Alter der Probanden</b>	<b>r<sup>1)</sup></b>
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS = 0,05 (p = n. s.) BUA = 0,15 (p < 0,05) SI = 0,10 (p = n. s.)
<b>Fettmasse</b>		
Landin-Wilhelmsen et al. 2000	n = 184; 25 - 64 J	SOS = -0,18 (p < 0,01) BUA = -0,01 (p = n. s.) SI = -0,13 (p = n. s.)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

**Tab. 10.13:** Zusammenhang zwischen den QUS-Parametern und den postmenopausalen Jahren verschiedener Studien

	<b>Anzahl und Alter der Probanden</b>	<b>r<sup>1)</sup></b>
Blanchet et al. 2003	n = 1162; 33 - 84 J <sup>3)</sup>	SOS = -0,24 (p < 0,0001) BUA = -0,19 (p < 0,0001) SI = -0,24 (p < 0,0001)
Heldan de Moura Castro et al. 2000	n = 160; 60 - 84 J <sup>4)</sup>	SOS = -0,50 (p < 0,001) BUA = -0,42 (p < 0,001) SI = -0,52 (p < 0,001)
Kitagawa und Nakahara 2008	n = 113; 60 - 85 J	SOS = -0,277 (p < 0,01) BUA = -0,147 (p = n. s.) SI = -0,249 (p < 0,01)
VanderJagt et al. 2001	n = 110; 31 - 95 J <sup>3)</sup>	SI = -0,40 <sup>2)</sup> (p < 0,001)

<sup>1)</sup> Korrelationskoeffizienten nach Pearson

<sup>2)</sup> Korrelationskoeffizient nach Spearman

<sup>3)</sup> alle Frauen postmenopausal

<sup>4)</sup> Von den 160 postmenopausalen Frauen waren 100 Frauen 60 - 84 Jahre alt, bei den restlichen 60 Frauen unter 60 Jahren ist eine genaue Altersangabe aus der Studie nicht ersichtlich.

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank geht an Frau Prof. Dr. M. Neuhäuser-Berthold, die es mir ermöglicht hat in ihrer Arbeitsgruppe im Rahmen der GISELA Studie zu promovieren. Ich danke ihr für das mir entgegengebrachte Vertrauen und für die Unterstützung bei der Fertigstellung meiner Dissertation. Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. H. Stracke für die Übernahme des zweiten Gutachters sowie für die Bereitstellung des QUS-Geräts.

Herrn Dr. J. Pons-Kühnemann danke ich für die kompetente Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Meinen Eltern danke ich recht herzlich für ihre Unterstützung während meines Studiums und meiner Promotionszeit sowie für die Durchsicht des Manuskripts.

Bei meiner Kollegin Johanna bedanke ich mich ganz besonders für die schöne, unkomplizierte und konstruktive Zusammenarbeit sowie fachlichen Diskussionen und Hilfestellungen im Rahmen der GISELA Studie und meiner Promotion. Mein Dank geht auch an Daniela für die sehr gute Zusammenarbeit während unserer gemeinsamen Zeit am Institut für Ernährungswissenschaft.

Herzlichen Dank an alle ehemaligen und derzeitigen Mitarbeiter des Instituts sowie an Birgit und Ute aus dem Sekretariat für die gute Zusammenarbeit. Besonders bedanke ich mich bei Andre für die kritische Durchsicht meines Manuskripts.

Dir, Julia, danke ich von Herzen für eine schöne gemeinsame Studienzeit in Gießen und dass du während meiner Promotionszeit immer ein offenes Ohr für mich hattest.

Simon, dir danke ich besonders für deine ganze Unterstützung und Geduld während meines Studiums und der Promotionszeit.

## Veröffentlichungen

Brunner Ch, Edelmann-Schäfer B, Neuhäuser-Berthold M  
Einfluss von Alter, anthropometrischen Parametern und der Körperzusammensetzung auf die Knochendichte mittels QUS bei Gießener Senioren.  
Proc Germ Nutr Soc 2009, 13:75

Neuhäuser-Berthold M, Brunner Ch, Edelmann-Schäfer B  
Impact of age, anthropometric data and body composition on calcaneal quantitative ultrasound.  
JNHA 2009, 13(suppl 1):S446

Brunner Ch, Edelmann-Schäfer B, Raehse J, Richter M, Neuhäuser-Berthold M  
Veränderungen im Knochenstatus mittels quantitativem Ultraschall über einen Zeitraum von vier Jahren bei Gießener Senioren.  
Proc Germ Nutr Soc 2010, 14:80

Raehse J, Pons-Kühnemann J, Brunner Ch, Richter M, Edelmann-Schäfer B, Neuhäuser-Berthold M  
Einfluss des Vitamin C-Spiegels im Plasma auf den Homocysteinspiegel von Senioren.  
Proc Germ Nutr Soc 2010, 14:72

Richter M, Brunner Ch, Edelmann-Schäfer B, Neuhäuser-Berthold M  
LDL-Cholesterol, Non-HDL-Cholesterol und andere atherogene Indices unterscheiden sich bei Gießener Senioren mit und ohne kardiovaskulären Erkrankungen nicht.  
Proc Germ Nutr Soc 2010, 14:82

Breilmann J, Pons-Kühnemann J, Brunner Ch, Richter M, Neuhäuser-Berthold M  
Effect of antioxidant vitamins on the plasma homocysteine level in a free-living elderly population.  
Ann Nutr Metab 2010; 57:177-82

Brunner Ch, Spinneker A, Neuhäuser-Berthold M  
Veränderung der Medikamenteneinnahme über einen Zeitraum von zehn Jahren bei Giessener Senioren.  
Proc Germ Nutr Soc 2011, 15:69

Nagel A, Brunner Ch, Roth HJ, Neuhäuser-Berthold M  
Thyreoida-stimulierendes Hormon (TSH) zeigt keinen unabhängigen Einfluss auf den Ruheenergieumsatz euthyreoter Senioren.  
Proc Germ Nutr Soc 2011, 15:75

Spinneker A, Maier J, Brunner Ch, Nagel A, Neuhäuser-Berthold M  
Einfluss von Alter, Körpergröße und fettfreie Körpermasse auf die Handkraft von Giessener Seniorinnen.  
Proc Germ Nutr Soc 2011, 15:70

Jungert A, Roth HJ, Wendt C, Brunner Ch, Neuhäuser-Berthold M  
Vitamin-D-Zufuhr und 25-Hydroxycholecalciferol-Serumspiegel (25(OH)D<sub>3</sub>) von Senioren der GISELA Studie.  
Proc Germ Nutr Soc 2011, 15:73



Brunner Ch, Pons-Kühnemann J, Neuhäuser-Berthold M

Impact of age, anthropometric data and body composition on calcaneal bone characteristics, as measured by quantitative ultrasound (QUS) in an older German population.

Ultrasound in Med & Biol 2011; 37:1984-92

Jungert A, Brunner Ch, Neuhäuser-Berthold M

Einfluss der Körperzusammensetzung auf den 25-Hydroxycholecalciferol-Serumspiegel (25(OH)D<sub>3</sub>) bei Teilnehmern der Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA).

Proc Germ Nutr Soc 2012, 17:18

Brunner Ch, Breilmann J, Moon K, Neuhäuser-Berthold M

Vergleich von ausgeschiedenen Teilnehmern („Follow-up-Verluste“) der Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA) mit noch teilnehmenden Senioren.

Proc Germ Nutr Soc 2012, 17:22-3

Jungert A, Brunner Ch, Neuhäuser-Berthold M

Blutdruck in Abhängigkeit des 25-Hydroxycholecalciferol-Serumspiegel (25(OH)D<sub>3</sub>) bei Teilnehmern der Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA).

Proc Germ Nutr Soc 2012, 17:51

Nagel A, Brunner Ch, Neuhäuser-Berthold M

Die prädiktive Validität von Formeln für die Berechnung der Ruheenergieumsatzes von Senioren ist abhängig von Geschlecht und Alter.

Proc Germ Nutr Soc 2012, 17:83

Breilmann J, Brunner Ch, Neuhäuser-Berthold M

Einfluss des Selenpiegels im Plasma auf den Homocysteinspiegel von Senioren.

Proc Germ Nutr Soc 2012, 17:92



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5975-0



9 783835 975975 0